La evaluación automatizada de las funciones ambientales del suelo con base en datos de perfiles

Assessment Soil Functions

Francisco Bautista Zúñiga
María Ángeles Gallegos Tavera
Oscar Álvarez Arriaga

CIGA
CENTRO DE INVESTIGACIONES EN GEOGRAFÍA AMBIENTAL
U N A M

Bautista Zúñiga, F., Gallegos Tavera, M. A., Álvarez Arriaga, O. (2015) *La evaluación automatizada de las funciones ambientales del suelo con base en datos de perfiles*, Morelia, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental-Universidad Nacional Autónoma de México, 52 pp.

Primera edición, 2015

D. R. © 2015, Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad Universitaria s/n, Delegación Coyoacán, C.P. 04510, México, D.F.

Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental (CIGA-UNAM)
Antigua carretera a Pátzcuaro 8701,
Col. Exhacienda de San José de la Huerta,
C.P. 58190, Morelia, Michoacán, México
www.ciga.unam.mx

Formación y cuidado de edición: Francisco Javier Tapia R-Esparza

ISBN: 978-607-02-6600-3

Libro disponible para su descarga en: www.ciga.unam.mx/publicaciones/

Índice

Introducción *6*

1. Instalación de Assofu *7*

2. Primeros pasos *9*

2.1. Iniciar el software *9*

2.2. Diseño de la ventana principal *9*

2.3. Menús e íconos del sistema *10*

3. Manejo de datos *12*

3.1. Captura de información *12*

3.1.1. Información del sitio del perfil *12*

3.1.2. Imágenes de un perfil de suelo *13*

3.1.3. Horizontes de un perfil de suelo *13*

3.1.4. Evaluación edafo-ecológica *14*

3.2. Almacenamiento *15*

3.3. Acceso a datos *15*

3.4. Eliminación y actualización *16*

4. Evaluación de las funciones del suelo *17*

4.1.Crear y almacenar una evaluación *17*

4.2. Consultar una evaluación *18*

4.3. Actualizar o eliminar una evaluación *18*

4.4. Restricciones de las evaluaciones *19*

5. Ejemplo de una evaluación de las funciones de un perfil de suelo *20*

Referencias *28*

APÉNDICE I *29*

APÉNDICE II *52*

Lista de figuras

Figura 1. Estructura del software Assofu 6
Figura 2. Bienvenida al asistente e información de instalación 7
Figura 3. Especificación de la ruta de instalación 7
Figura 4. Extracción de los archivos del software 8
Figura 5. Instalación completa 8
Figura 6. Cuadro de inicio de Assofu 9
Figura 7. Ventana principal de Assofu 10
Figura 8. Interfaz de consulta de datos 11
Figura 9. Formulario de captura para la información del sitio 12
Figura 10. Formulario de referencia de posición fisiográfica 12
Figura 11. Formulario de referencia de condiciones climáticas presentes 13
Figura 12. Captura de horizontes de perfil 13
Figura 13. Evaluación edafo-ecológica de perfil 14
Figura 14. Consulta de datos de un perfil de suelo 15
Figura 15. Ejemplo de evaluación del suelo como medio de filtración 17
Figura 16. Ejemplo de consulta de una evaluación de suelo 18
Figura 17. Captura de la información del sitio 20
Figura 18. Condiciones climáticas presentes 20
Figura 19. Horizontes del perfil de suelo 'El bonete' 21
Figura 20. Evaluación edafo-ecológica de 'El bonete' 21
Figura 21. Consulta del perfil de suelo: 'El bonete' 22
Figura 22. Contenido de carbono 22
Figura 23. Evaluación del ciclo de nutrientes 23
Figura 24. Evaluación del suelo como medio de transformación 23
Figura 25. Primera parte de la evaluación de alimentos y biomasa 24
Figura 26. Segunda parte de la evaluación de alimentos y biomasa 24
Figura 27. Evaluación del suelo como base y hábitat de la vida humana 25
Figura 28. Evaluación del suelo como hábitat de flora y fauna 25
Figura 29. Evaluación del suelo como medio de filtración e infiltración 26
Figura 30. Evaluación del suelo como componente del ciclo del agua 26
Figura 31. Evaluación del suelo como filtro y regulador de metales pesados 27
Figura 32. Posición fisiográfica 29
Figura 33. Forma de terreno 33
Figura 34. Volumen de fragmentos gruesos 35

Lista de cuadros

Cuadro 1. Condiciones climáticas pasadas 29
Cuadro 2. Condiciones climáticas presentes 29
Cuadro 3. Material parental 30
Cuadro 4. Uso de suelo y vegetación 32
Cuadro 5. Tipos de erosión 33
Cuadro 6. Clave para el análisis del tamaño de partícula (Textura) 34
Cuadro 7. Humedad 36
Cuadro 8. Estabilidad de agregados 36
Cuadro 9. Poros 36
Cuadro 10. Raíces 37
Cuadro 11. Límites 37
Cuadro 12. Clasificación de contaminantes basados en evidencia especifica 39
Cuadro 13. Clasificación de contaminantes basados en datos analíticos 39
Cuadro 14. Localización extrema del perfil 40
Cuadro 15. Clasificación de la antropización del suelo 40
Cuadro 16. Resultado de la evaluación 41
Cuadro 17. Clasificación de la conductividad hidráulica 41
Cuadro 18. Estimación de la conductividad hidráulica 42
Cuadro 19. Asignación de la conductividad hidráulica y la capacidad de campo 42
Cuadro 20. Asignación de la conductividad hidráulica y la capacidad de aireación 43
Cuadro 21. Capacidad de intercambio catiónico (CEC_{miner}) 43
Cuadro 22. Evaluación intermedia 44
Cuadro 23. Determinación del factor para pH 45
Cuadro 24. Agregación de la estructura 45
Cuadro 25. Clasificación del valor de arcilla 46
Cuadro 26. Clasificación de humus calculado 46
Cuadro 27. Resultado de la evaluación 47
Cuadro 28. Evaluación 47
Cuadro 29. Estructura del suelo sin detalles del tamaño los de los agregados 48
Cuadro 30. Estructura del suelo con detalles del tamaño de los de los agregados 48
Cuadro 31. Clasificación de parámetros estimados 49
Cuadro 32. Evaluación final 49
Cuadro 33. Paleosuelos 50
Cuadro 34. Suelos enterrados 50
Cuadro 35. Determinación de límites de la conductividad hidráulica 50
Cuadro 36. Volumen de la capacidad de aireación 51
Cuadro 37.Comparación de resultados y evaluación 51

Introducción

Assofu (Assesment soil function) es un *software* orientado al almacenamiento y evaluación de las propiedades de perfiles de suelo, es de utilidad para:

a) Facilitar la captura y almacenamiento de datos.

b) Mantener la integridad y coherencia de la información.

c) Implementar evaluaciones de uso de suelo.

d) Apoyar la toma de decisiones con respecto a la viabilidad del suelo para distintas actividades.

e) Estimar propiedades químicas del suelo con observaciones de campo.

Assofu funciona como base de datos con tres modelos: ingreso de datos, consulta y ayuda (Figura 1). En el módulo de ingreso se captura la información del sitio y los datos de campo o de laboratorio por horizonte; además, es posible insertar imágenes del sitio, del perfil y/o de los detalles de horizontes.

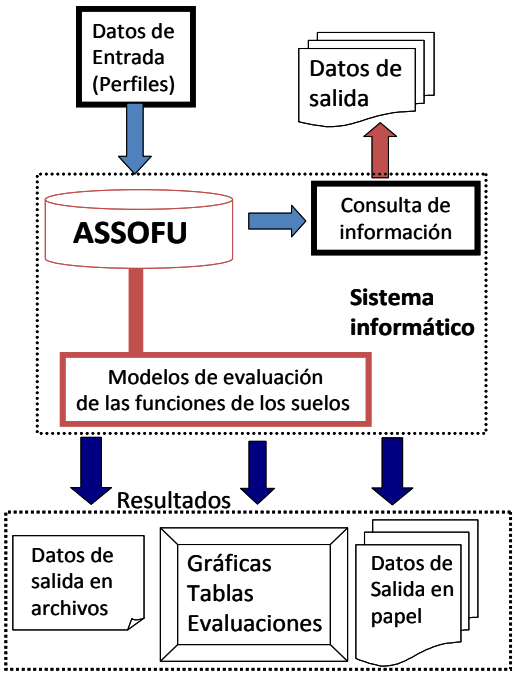


Figura 1. Estructura del software Assofu

1. Instalación de Assofu

Para su correcta ejecución del *software* Assofu es importante que su equipo cumpla con los siguientes requerimientos previos:

1. Sistema operativo Windows XP o versiones posteriores.
2. *Windows Installer* 3.1 o 4.5.
3. *.NET Framework* 3.5 SP1.
4. *SQL Server 2008 Express Edition* (definir instancia llamada ASSOFU).

Para iniciar con el proceso de instalación ejecute el archivo Assofu.exe y siga las indicaciones que se muestran en pantalla.

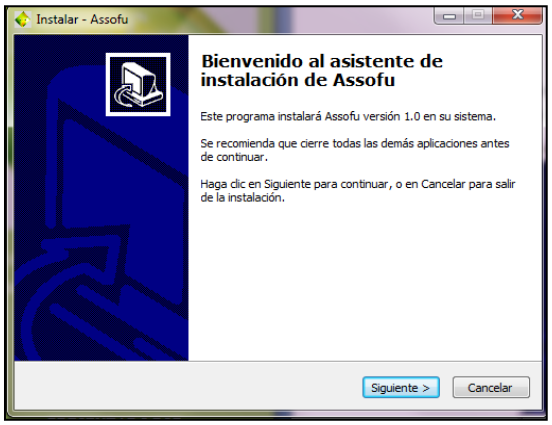

Instalar - Assofu
Bienvenido al asistente de instalación de Assofu
Este programa instalará Assofu versión 1.0 en su sistema.
Se recomienda que cierre todas las demás aplicaciones antes de continuar.
Haga clic en Siguiente para continuar, o en Cancelar para salir de la instalación.
Siguiente >
Cancelar

Figura 2. Bienvenida al asistente e información de instalación

Seleccione la ruta en la que se almacenarán los archivos del *software*. Como opción predeterminada se hace referencia a la unidad C: (es recomendable implementar esta ruta).

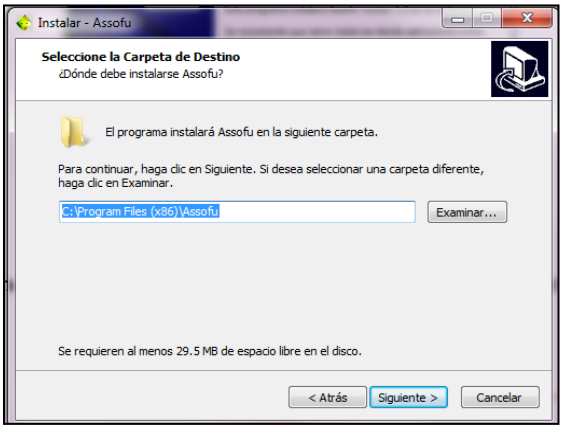

Instalar - Assofu
Seleccione la Carpeta de Destino
¿Dónde debe instalarse Assofu?
El programa instalará Assofu en la siguiente carpeta.
Para continuar, haga clic en Siguiente. Si desea seleccionar una carpeta diferente, haga clic en Examinar.
C:\Program Files (x86)\Assofu
Examinar...
Se requieren al menos 29.5 MB de espacio libre en el disco.
< Atrás
Siguiente >
Cancelar

Figura 3. Especificación de la ruta de instalación

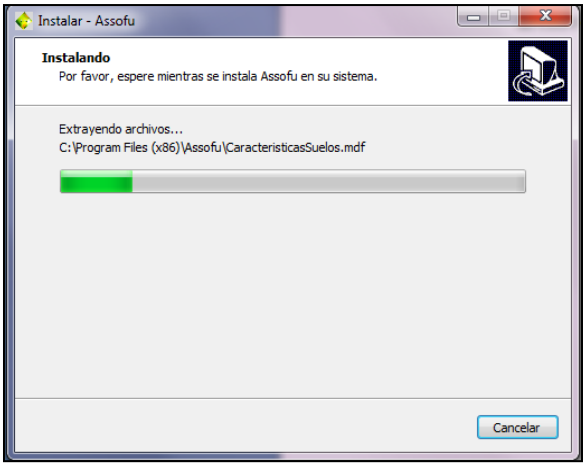


Figura 4. Extracción de los archivos del software

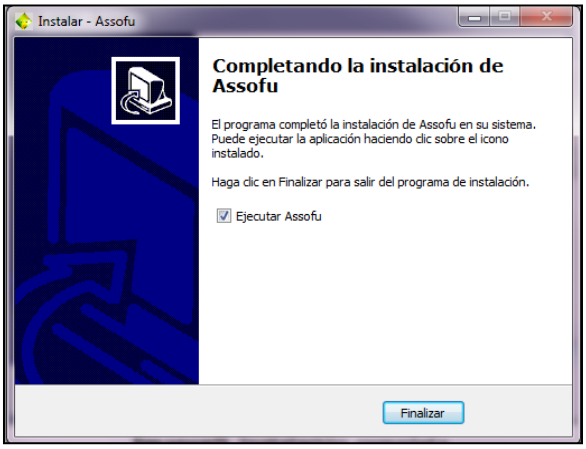

Instalar - Assofu
Completando la instalación de Assofu
El programa completó la instalación de Assofu en su sistema. Puede ejecutar la aplicación haciendo clic sobre el icono instalado.
Haga clic en Finalizar para salir del programa de instalación.
Ejecutar Assofu
Finalizar

Figura 5. Instalación completa

Una vez terminada la instalación, dé permisos a la carpeta del software:

a) Acceda a la unidad de disco duro C.
b) Abra la carpeta “Archivos de programa”.
c) De clic al botón secundario del *mouse* posicionándose en la carpeta del software.
d) Seleccione la opción “Propiedades”.
e) Seleccione la pestaña “Seguridad” del cuadro de dialogo y dé clic en el botón “Editar”.
f) Habilite los permisos para los usuarios.

2. Primeros pasos

2.1. Iniciar el software

Puede ejecutar el *software* desde el ícono de acceso que se muestra en el escritorio de su computadora o desde el menú inicio. Es posible que el ícono no aparezca directamente al dar clic en el menú inicio, en ese caso, deberá buscar en la opción "Todos los programas" que se encuentra en la parte inferior del menú.

Al iniciar el software aparecerá la pantalla de presentación que se muestra enseguida:

Figura 6. Cuadro de inicio de Assofu

2.2. Diseño de la ventana principal

Assofu cuenta con una interfaz clara, sus elementos son:

- La barra de título: Muestra el nombre del software y los siguientes botones:
  - ✓ Maximizar: El programa ocupa el espacio total del escritorio.
  - ✓ Minimizar: El programa se muestra en la barra de tareas del sistema.
  - ✓ Cerrar: Finaliza la ejecución del programa.

- Barra de menús: Para acceder a todas las operaciones que desempeña el *software*.

- Área de trabajo: Muestra las ventanas correspondientes a los procedimientos del *software*.

- Barra de estado: Muestra la fecha del sistema.

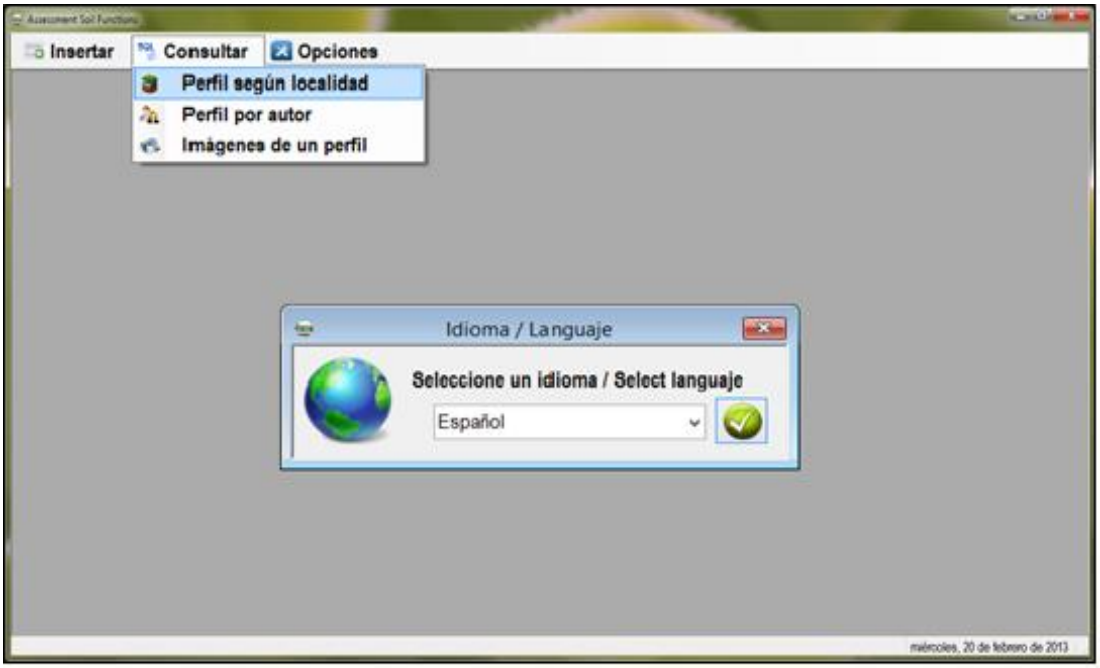


Figura 7. Ventana principal de Assofu

2.3. Menús e íconos del sistema

- Menú insertar: Muestra la opción para acceder a la captura de un nuevo perfil de suelo.

- Ícono continuar: Es visible durante la captura de la información del sitio. Debe dar clic en esta opción si desea continuar con la captura de los horizontes del perfil.

- Menú consultar: Permite implementar tres tipos de consulta:

  - ✓ Buscar un perfil por sitio: Brinda acceso a los datos de un perfil y a sus evaluaciones a partir del nombre del sitio.
  - ✓ Buscar un perfil por autor: Admite la búsqueda de los perfiles por un determinado autor.
  - ✓ Buscar imágenes de un perfil: Consiste en encontrar las imágenes asociadas a un perfil y se realiza en base a la localidad.

- Menú opciones: Ofrece acceso a la información del software o al cambio de idioma.

Durante la consulta de un perfil de suelo es posible acceder a los siguientes íconos del sistema:

- Evaluación ecológica: Es visible cuando el perfil no tiene asociada una evaluación ecológica.

- Menú operaciones: Muestra los íconos del sistema para realizar las siguientes opciones de manejo de datos:

  - ✓ Crear: permite la exportación de los datos consultados a Microsoft Excel.
  - ✓ Eliminar: destruye registros asociados al perfil consultado.
  - ✓ Actualizar: permite realizar cambios en la información del sitio, de los horizontes y de la evaluación edafo-ecológica de un perfil.

- Panel de evaluaciones: Contiene las evaluaciones asociadas a las propiedades de un perfil capturado.

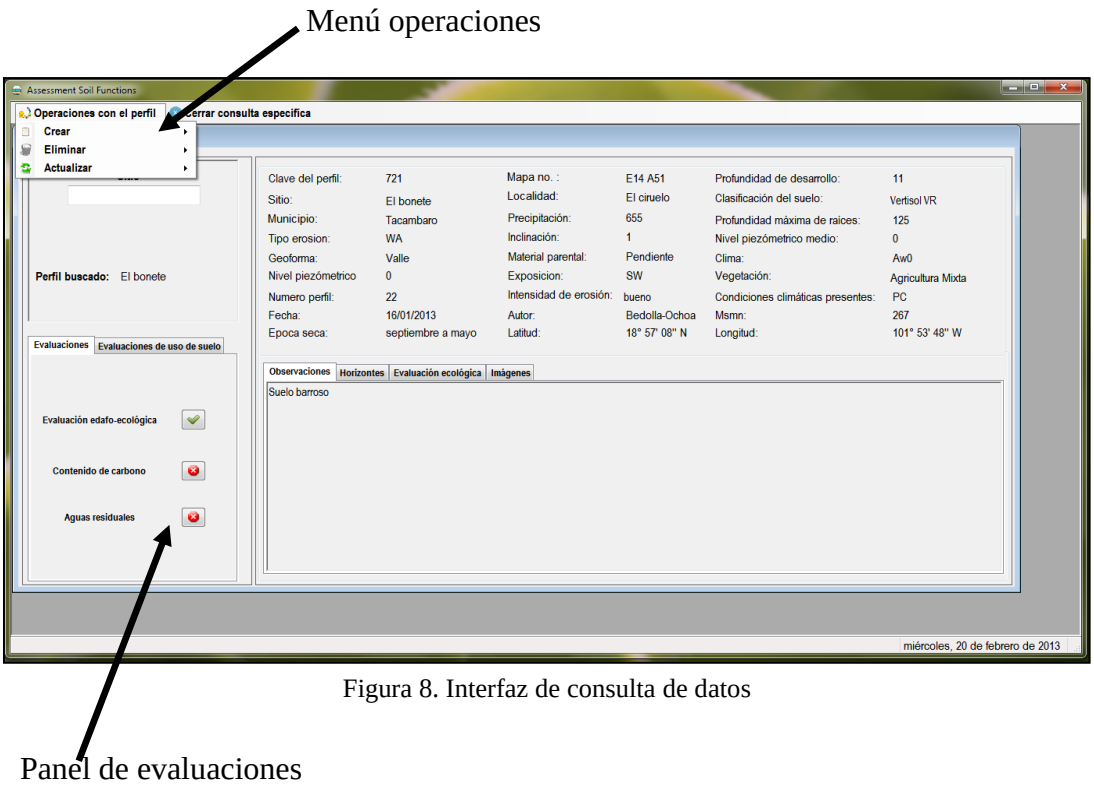


Figura 8. Interfaz de consulta de datos

3. Manejo de datos

3.1. Captura de información

A continuación describimos el procedimiento para introducir datos en el *software* Assofu.

3.1.1. Información del sitio del perfil

Para crear un nuevo registro con la información del sitio acceda al menú "Insertar" y dé clic en la opción "Nuevo perfil de suelo".

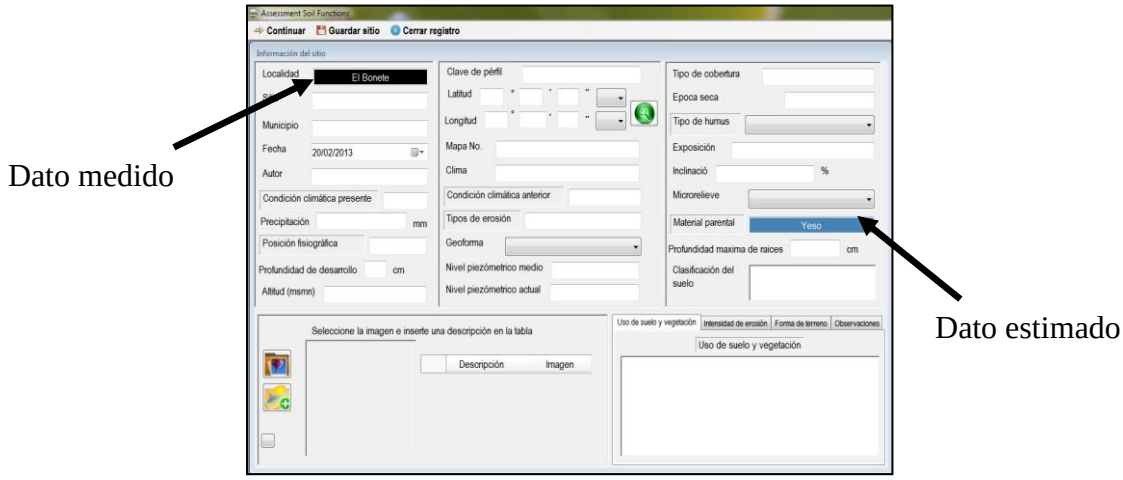


Figura 9. Formulario de captura para la información del sitio

Puede implementar los siguientes tipos de captura:

- ✓ Medida: La información es ingresada directamente con el uso del teclado.
- ✓ Estimada: Consiste en utilizar subformularios de referencia para llenar las cajas de texto implementando los siguientes pasos:
  a) Dé clic en el nombre de la propiedad.
  b) Seleccione una opción del subformulario.
  c) Corrobore su selección desde el botón de confirmación.

Estos tipos de captura también se aplican a la inserción de horizontes del perfil y a la evaluación edafo-ecológica. Las propiedades con referencia tienen formularios de selección similares, por lo cual podrá repetir los pasos anteriores.

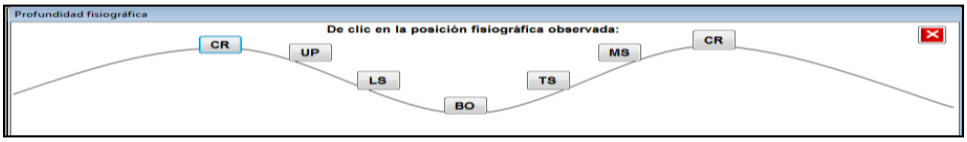


Figura 10. Formulario de referencia de posición fisiográfica

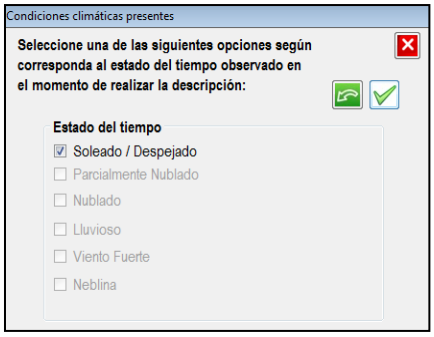

Condiciones climáticas presentes
Seleccione una de las siguientes opciones según corresponda al estado del tiempo observado en el momento de realizar la descripción:
Estado del tiempo
Soleado / Despejado
Parcialmente Nublado
Nublado
Lluvioso
Viento Fuerte
Neblina

Figura 11. Formulario de referencia de condiciones climáticas presentes

3.1.2. Imágenes de un perfil de suelo

Es posible almacenar imágenes durante la captura de la información del sitio implementando los siguientes pasos:

a) Oprima el botón para examinar la ruta de la imagen.
b) Busque y seleccione la imagen que desea agregar.
c) Oprima el botón para añadir.

3.1.3. Horizontes de un perfil de suelo

Utilice el tipo de captura medida o estimada para ingresar los datos en las cajas de texto y agregue cada horizonte a la tabla dando clic en el botón insertar; repita esta instrucción para cada uno de los horizontes que desee añadir.

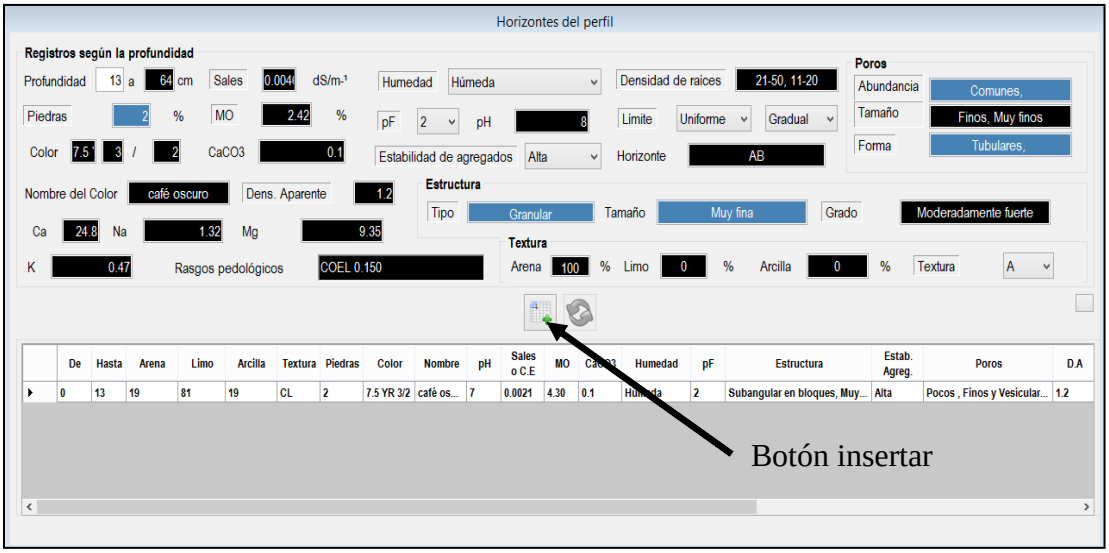

Horizontes del perfil
Registros según la profundidad
Profundidad 13 a 64 cm
Sales 0.004 dS/m-1
Humedad Húmeda
Densidad de raices 21-50, 11-20
Poros
Abundancia Comunes,
Tamaño Finos, Muy finos
Forma Tubulares,
Piedras 2 %
MO 2.42 %
pF 2
pH 8
Limite Uniforme Gradual
Color 7.5 3 / 2
CaCO3 0.1
Estabilidad de agregados Alta
Horizonte AB
Nombre del Color café oscuro
Dens. Aparente 1.2
Estructura
Tipo Granular
Tamaño Muy fina
Grado Moderadamente fuerte
Ca 24.8 Na 1.32 Mg 9.35
K 0.47
Rasgos pedológicos COEL 0.150
Textura
Arena 100 % Limo 0 % Arcilla 0 % Textura A
De Hasta Arena Limo Arcilla Textura Piedras Color Nombre pH Sales o C.E MO Humedad pF Estructura Estab. Agreg. Poros D.A
0 13 19 81 19 CL 2 7.5 YR 3/2 café os... 7 0.0021 4.30 0.1 2 Subangular en bloques, Muy... Alta Pocos , Finos y Vesicular... 1.2
Botón insertar

Figura 12. Captura de horizontes de perfil

3.1.4. Evaluación edafo-ecológica

La inserción de datos es similar a la captura de propiedades por horizonte. Es posible implementar esta evaluación en los siguientes casos:

Durante la consulta de un perfil:

a) De clic en la opción "Evaluación edafo-ecológica".
b) Llene los datos solicitados en las cajas de texto.
c) Oprima el botón para calcular las evaluaciones.
d) Inserte la evaluación del horizonte en la tabla.
e) Repita los pasos anteriores para cada uno de los horizontes del perfil.
f) Para calcular las evaluaciones globales dé clic al botón que muestra una calculadora en la parte inferior del formulario.

Después de la captura de un perfil:

a) Se mostrará un mensaje de aceptación para realizar la evaluación edafo-ecológica.
b) Implemente los pasos b), c), d), e) y f) descritos en la sección inmediata anterior.

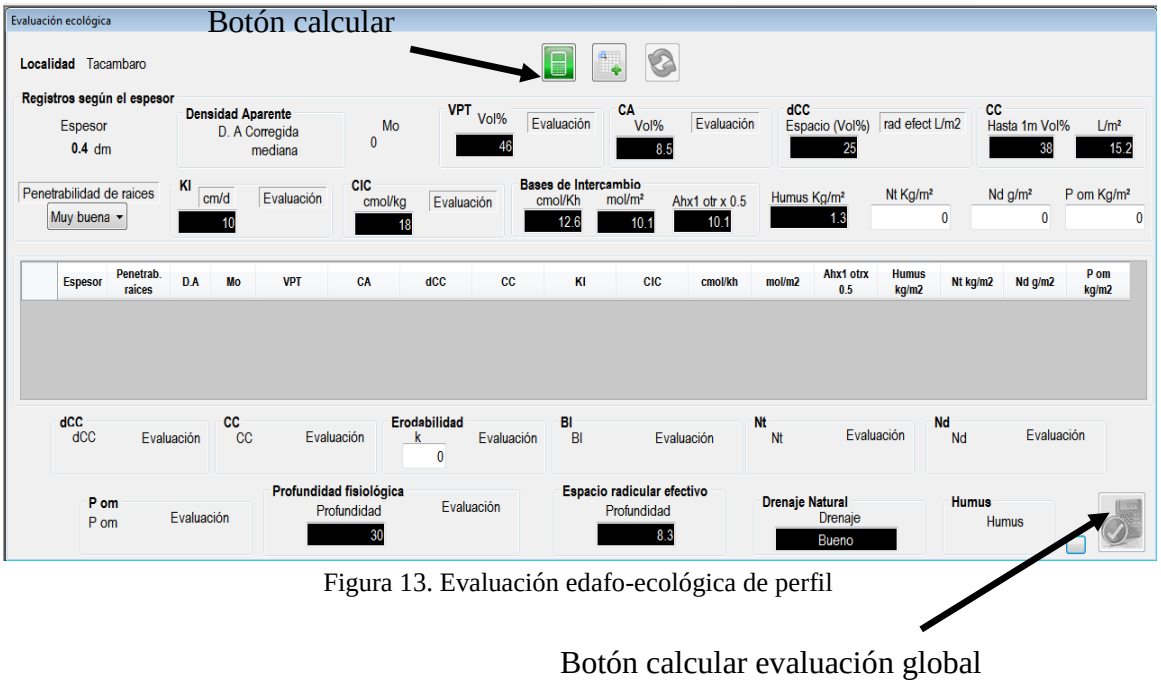


Figura 13. Evaluación edafo-ecológica de perfil

3.2. Almacenamiento

El ícono del sistema para guardar la información aparecerá cuando un formulario de captura se encuentre activo.

El almacenamiento podrá realizarse bajo las siguientes restricciones:

- Para los horizontes del suelo: Debe existir por lo menos un horizonte en la tabla del formulario de captura.

- Para la evaluación edafo-ecológica: Tiene que implementar la estimación global antes almacenar esta evaluación.

3.3. Acceso a datos

Realizar la consulta de un perfil de suelo y de sus evaluaciones es un procedimiento sencillo:

- Seleccione la opción “Consultar” que aparece en la ventana principal del programa.
- En el cuadro de búsqueda escriba el nombre del sitio.
- De clic en uno de los registros mostrados.

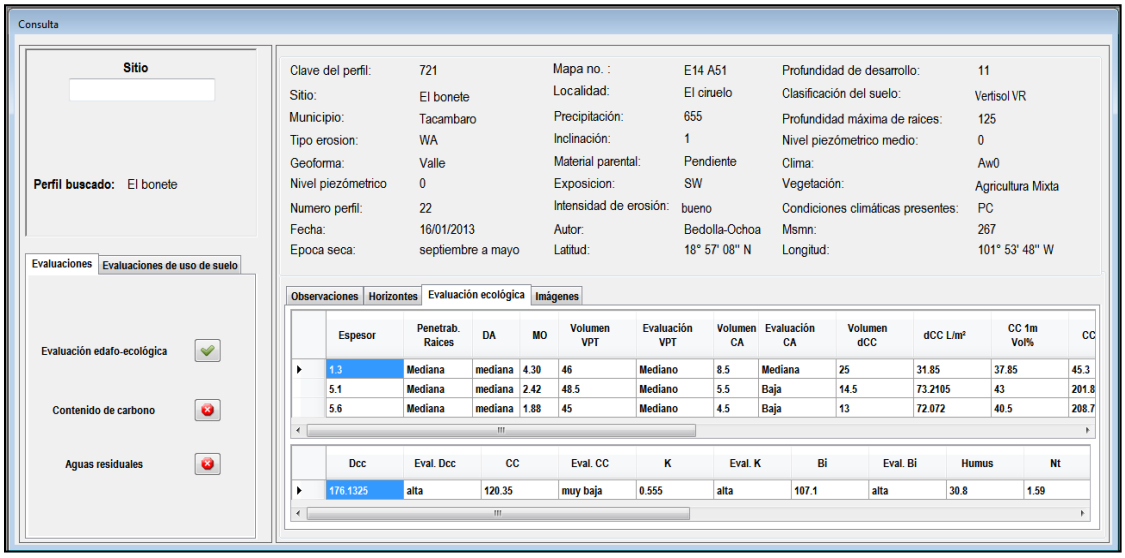


Figura 14. Consulta de datos de un perfil de suelo

Los pasos anteriores se aplican también a la consulta de imágenes y de perfiles por autor. Tome en cuenta el tipo de búsqueda que realiza para escribir la información correcta en el cuadro de texto.

3.4. Eliminación y actualización

Assofu permite la exclusión y actualización de datos desde una consulta de perfil. Es posible descartar la información por separado o globalmente:

Eliminación por partes:

a) Desde el menú “Operaciones con el perfil” acceda a “Eliminar”.
b) Seleccione la opción de los datos que desea excluir.
c) Confirme la eliminación.

Eliminación global:

Se descartarán todos los datos capturados incluyendo las evaluaciones de uso de suelo; utilice esta opción si desea limpiar la base de datos. Para implementarla ingrese al submenú “Eliminar” y dé clic en la opción: “Todos los perfiles”.

Podrá actualizar los datos de un perfil de suelo accediendo a la opción “Actualizar” desde el menú “Operaciones con el perfil”.

4. Evaluación de las funciones del suelo

Los modelos de evaluación de las funciones antrópicas y naturales de los suelos en Assofu están basados en el proyecto *Technique for soil evaluation and categorization (TUSEC)* (Lehmann *et al*., 2008).

4.1. Crear y almacenar una evaluación

Assofu permite identificar las evaluaciones que han sido implementadas en un perfil de suelo mediante los botones del panel de evaluaciones:

- Una evaluación aplicada mostrará su botón de acceso en verde.
- La evaluación faltante mostrará su botón de acceso en rojo.

Para efectuar una evaluación siga los pasos descritos a continuación:

a) Realice una consulta de perfil.
b) Desde el panel de evaluaciones dé clic en el botón de la evaluación seleccionada.
c) Ya que cada evaluación tiene un formulario diferente, tome en cuenta lo siguiente:
   - ✓ Si aparecen casillas de verificación en el formulario, elija una opción y dé clic en el botón de confirmación.
   - ✓ Si el formulario muestra cajas de texto, capture la información solicitada.
d) Algunas evaluaciones mostrarán una conclusión generada por el *software*, si lo desea, puede editar o borrar ese texto.
e) Oprima el botón "Guardar evaluación".

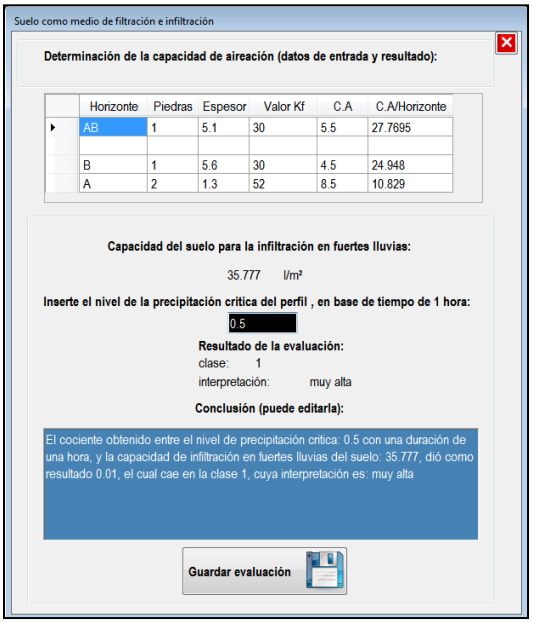
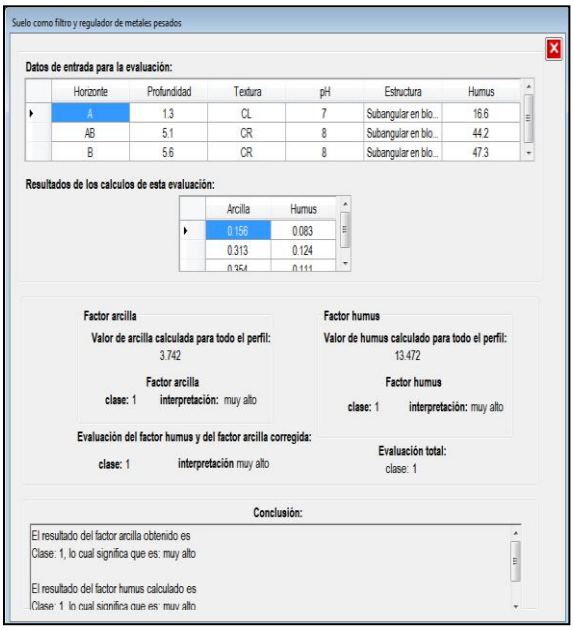

Suelo como medio de filtración e infiltración
Determinación de la capacidad de aireación (datos de entrada y resultado):
Horizonte Piedras Espesor Valor Kf C.A C.A/Horizonte
AB 1 5.1 30 5.5 27.7695
B 1 5.6 30 4.5 24.948
A 2 1.3 52 8.5 10.829
Capacidad del suelo para la infiltración en fuertes lluvias:
35.777 l/m²
Inserte el nivel de la precipitación crítica del perfil , en base de tiempo de 1 hora:
0.5
Resultado de la evaluación:
clase: 1
interpretación: muy alta
Conclusión (puede editarla):
El cociente obtenido entre el nivel de precipitación crítica: 0.5 con una duración de una hora, y la capacidad de infiltración en fuertes lluvias del suelo: 35.777, dió como resultado 0.01, el cual cae en la clase 1, cuya interpretación es: muy alta
Guardar evaluación

Figura 15. Ejemplo de evaluación del suelo como medio de filtración

4.2. Consultar una evaluación

Basta con dar clic en el botón de acceso de la evaluación seleccionada desde el panel habilitado durante una consulta de perfil.


Suelo como filtro y regulador de metales pesados
Datos de entrada para la evaluación:
Horizonte Profundidad Textura pH Estructura Humus
A 1.3 CL 7 Subangular en blo... 16.6
AB 5.1 CR 8 Subangular en blo... 44.2
B 5.6 CR 8 Subangular en blo... 47.3
Resultados de los calculos de esta evaluación:
Arcilla Humus
0.156 0.083
0.313 0.124
Factor arcilla
Valor de arcilla calculada para todo el perfil:
3.742
Factor arcilla
clase: 1 interpretación: muy alto
Factor humus
Valor de humus calculado para todo el perfil:
13.472
Factor humus
clase: 1 interpretación: muy alto
Evaluación del factor humus y del factor arcilla corregida:
clase: 1 interpretación muy alto
Evaluación total:
clase: 1
Conclusión:
El resultado del factor arcilla obtenido es
Clase: 1, lo cual significa que es: muy alto
El resultado del factor humus calculado es
Figura 16. Ejemplo de consulta de una evaluación de suelo

4.3. Actualizar o eliminar una evaluación

No es posible editar los datos de entrada de una evaluación ya que son depurados desde la consulta de un perfil. Para realizar una modificación deberá:

a) Eliminar la evaluación.
b) Volver a implementarla tomando en cuenta los cambios que desea aplicar.

Para eliminar una evaluación siga los pasos descritos a continuación:

a) Durante de la consulta de la evaluación dé clic en la opción “Operaciones con el perfil”.
b) Seleccione “Eliminar esta evaluación”.

4.4. Restricciones de las evaluaciones

Debe realizar la evaluación edafo-ecológica del perfil antes de tratar de implementar las siguientes evaluaciones:

- ✓ Contenido de carbono.
- ✓ Aguas residuales.
- ✓ Filtración e infiltración.
- ✓ Medio de transformación.
- ✓ Ciclo de nutrientes.
- ✓ Metales pesados.
- ✓ Ciclo del agua.
- ✓ Flora y fauna.
- ✓ Alimentos y biomasa.

5. Ejemplo de una evaluación de las funciones de un perfil de suelo

Assofu cuenta con un ejemplo al que puede acceder para aclarar dudas sobre la captura y evaluación de datos. La información corresponde al perfil de suelo “El bonete”, tomado en el municipio de la Huacana, Michoacán. El ejemplo se describe a continuación:

Datos del sitio y horizontes del perfil

En la primer parte de la captura se ingresan los datos del sitio y las imágenes del perfil.

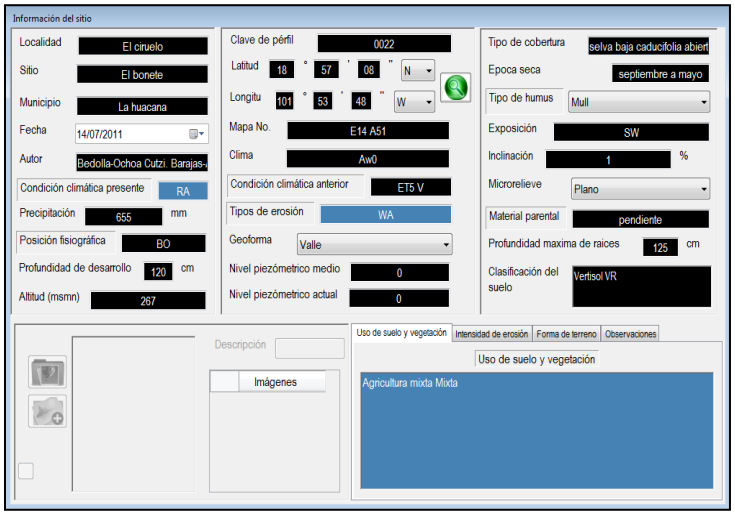


Figura 17. Captura de la información del sitio

Como se puede observar en la Figura 17, tres propiedades fueron capturadas de forma estimada (en azul) y las restantes se ingresaron de forma medida (en negro). A continuación se muestra un subformulario de propiedades estimadas utilizado para la captura de la información del sitio:

- La opción seleccionada para las condiciones climáticas presentes fue: Lluvioso, cuya clave es RA.

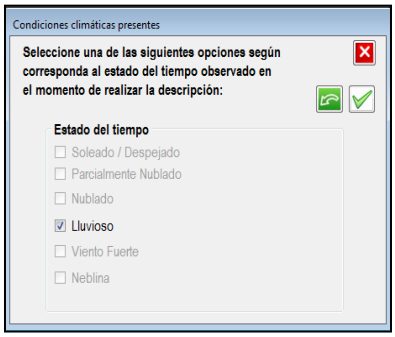

Condiciones climáticas presentes
Seleccione una de las siguientes opciones según corresponda al estado del tiempo observado en el momento de realizar la descripción:
Estado del tiempo
Soleado / Despejado
Parcialmente Nublado
Nublado
Lluvioso
Viento Fuerte
Neblina

Figura 18. Condiciones climáticas presentes

La inserción de datos por horizonte es la segunda parte de la captura del perfil. Esto se realiza después de la información del sitio dando clic en la opción “Continuar”.

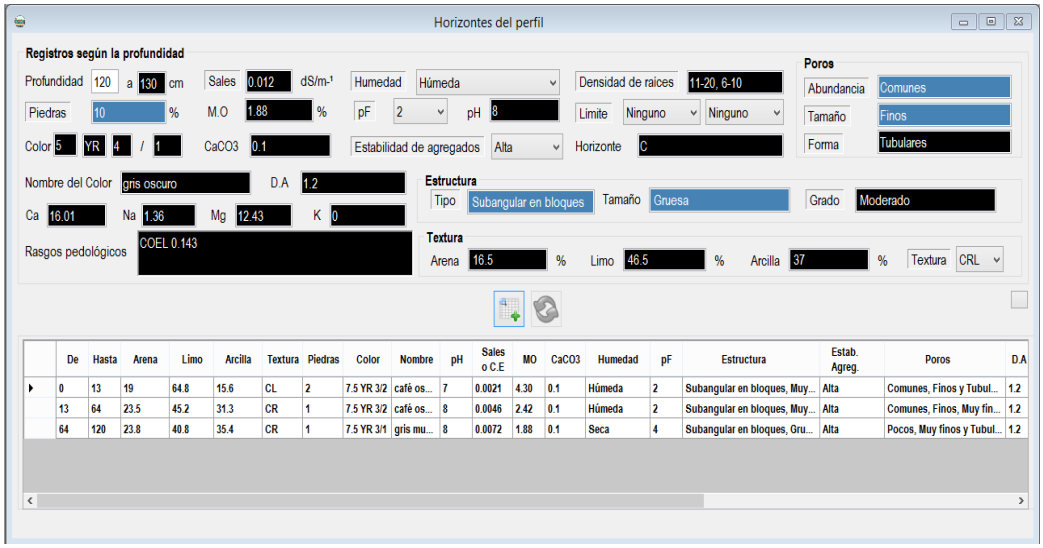

Horizontes del perfil
Registros según la profundidad
Profundidad 120 a 130 cm
Sales 0.012 dS/m-1
Humedad Húmeda
Densidad de raices 11-20, 6-10
Piedras 10 %
M.O 1.88 %
pF 2
pH 8
Limite Ninguno Ninguno
Color 5 YR 4 / 1
CaCO3 0.1
Estabilidad de agregados Alta
Horizonte C
Poros
Abundancia Comunes
Tamaño Finos
Forma Tubulares
Nombre del Color gris oscuro
D.A 1.2
Ca 16.01 Na 1.36 Mg 12.43 K 0
Rasgos pedológicos COEL 0.143
Estructura
Tipo Subangular en bloques
Tamaño Gruesa
Grado Moderado
Textura
Arena 16.5 % Limo 46.5 % Arcilla 37 % Textura CRL
De Hasta Arena Limo Arcilla Textura Piedras Color Nombre pH Sales o C.E MO CaCO3 Humedad pF Estructura Estab. Agreg. Poros D.A
0 13 19 64.8 15.6 CL 2 7.5 YR 3/2 café os... 7 0.0021 4.30 0.1 Húmeda 2 Subangular en bloques, Muy... Alta Comunes, Finos y Tubul... 1.2
13 64 23.5 45.2 31.3 CR 1 7.5 YR 3/2 café os... 8 0.0046 2.42 0.1 Húmeda 2 Subangular en bloques, Muy... Alta Comunes, Finos, Muy fin... 1.2
64 120 23.8 40.8 35.4 CR 1 7.5 YR 3/1 gris mu... 8 0.0072 1.88 0.1 Seca 4 Subangular en bloques, Gru... Alta Pocos, Muy finos y Tubul... 1.2

Figura 19. Horizontes del perfil de suelo “El bonete”

Como se muestra en la Figura 19, los horizontes de este perfil fueron capturados utilizando propiedades medidas y estimadas.

Evaluación edafo-ecológica

La evaluación edafo-ecológica permite la estimación de propiedades químicas del suelo, su procedimiento es similar a la captura de datos por horizonte. Fueron evaluados cuatro horizontes para este perfil:

Evaluación ecológica
Localidad El ciruelo
Registros según el espesor
Espesor 1 dm
Densidad Aparente
D.A Corregida
mediana
MO 1.88
VPT Vol% 45 Evaluación
CA Vol% 6.5 Evaluación
dCC Espacio (Vol%) 17 rad efect L/m²
CC Hasta 1m 48.5 L/m² 44.6
Penetrabilidad de raices
Mediana
KI cm/d 29 Evaluación
CIC cmol/kg 123 Evaluación
Bases de Intercambio cmol/kg 123 mol/m² 13.6 Ahx1 otr x 0.5 6.8
Humus kg/m² 1.9 Nt kg/m² Nd g/m² P om kg/m²
Espesor Penetrab. raices D.A MO VPT CA dCC CC KI CIC cmol/kg mol/m² Ahx1 otrx 0.5 Humus kg/m² Nt kg/m² Nd g/m² P om kg/m²
1.3 Mediana media... 4.30 46, Mediano 8.5, Mediana 25, 31.85 37.85, 45.3 52, Alta 114.5, Medi... 114.5 16.6 16.6 8.3 0.415 2.075 83
5.1 Mediana media... 2.42 48.5, Mediano 5.5, Baja 14.5, 73.2105 43, 201.8 30, Mediana 157, Mediana 157 88.4 44.2 12.4 0.62 3.1 124
5.6 Mediana media... 1.88 45, Mediano 4.5, Baja 13, 72.072 40.5, 208.7 30, Mediana 153, Mediana 153 94.6 47.3 11.1 0.555 2.775 111
dCC dCC Evaluación
CC CC Evaluación
Erodabilidad k 0.095 Evaluación
BI BI Evaluación
Nt Nt Evaluación
Nd Nd Evaluación
P om P om Evaluación
Profundidad fisiológica Profundidad 125 Evaluación
Espacio radicular efectivo Profundidad 120
Drenaje natural Drenaje Bueno
Humus Humus

Figura 20. Evaluación edafo-ecológica de “El bonete”

Consulta del perfil

En la interfaz de consulta puede observar:

- Los datos del sitio del perfil.
- Los horizontes.
- Imágenes del perfil.
- Las observaciones del sitio.
- Un panel de evaluaciones.
- La evaluación edafo-ecológica.

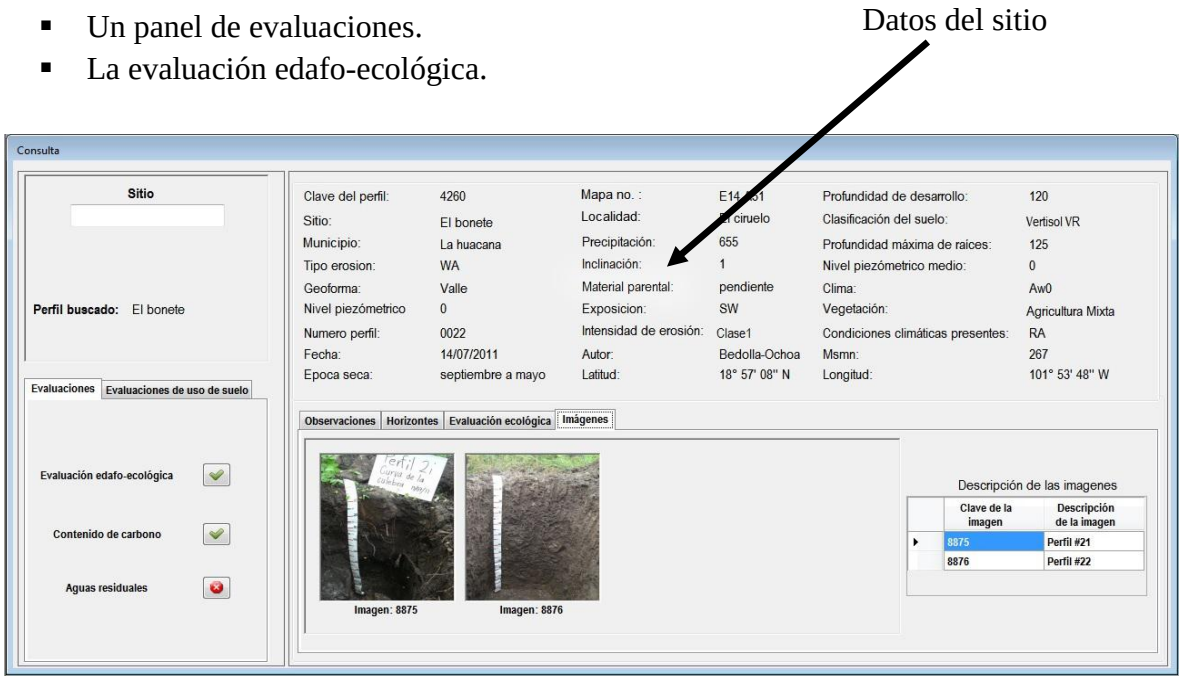
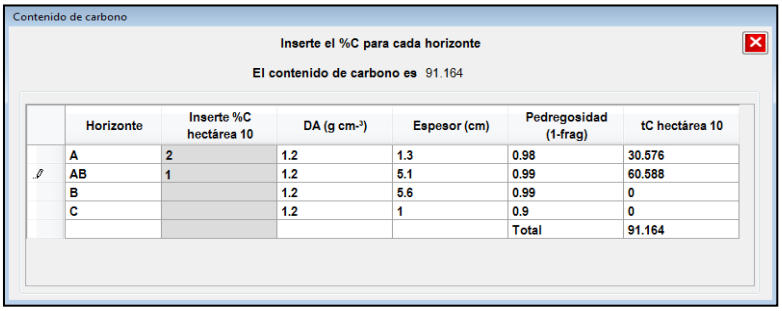


Figura 21. Consulta del perfil de suelo: "El bonete"

Implementación de evaluaciones

<u>Determinación del contenido de carbono:</u>

En esta evaluación se ingresa el valor del porcentaje de carbono en tierra fina (usando un tamiz de malla 10) por horizonte y los cálculos se realizan automáticamente. Como resultado se obtienen las toneladas de carbono por hectárea para todo el perfil de suelo.



Horizonte	Inserte %C hectárea 10	DA (g cm-3)	Espesor (cm)	Pedregosidad (1-frag)	tC hectárea 10
A	2	1.2	1.3	0.98	30.576
AB	1	1.2	5.1	0.99	60.588
B		1.2	5.6	0.99	0
C		1.2	1	0.9	0
				Total	91.164

Figura 22. Contenido de carbono

Evaluación del suelo como componente del ciclo de nutrientes:

Es necesario definir el estado físico y visual de las turbas. Para el perfil que sirve de ejemplo, la opción seleccionada corresponde al material de suelo fíbrico. Como se puede observar, debe aplicarse una corrección de la clase resultante dependiendo de las condiciones del perfil.

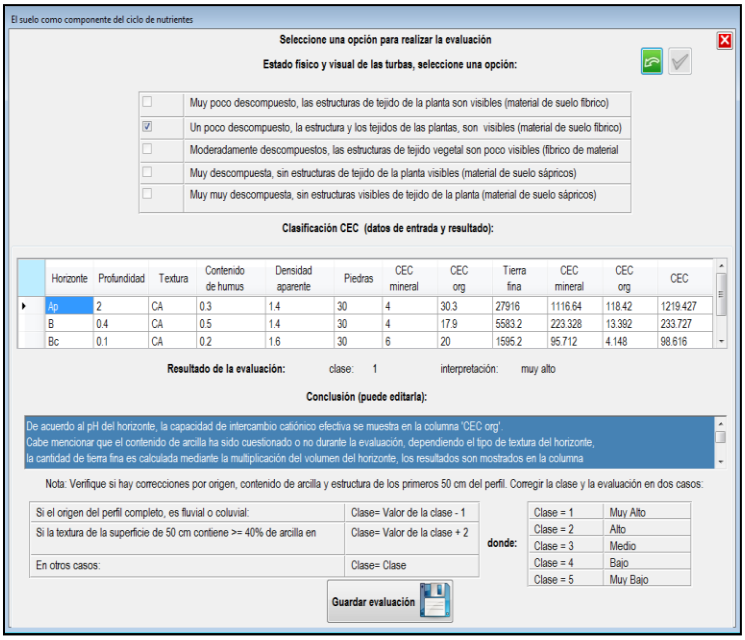

El suelo como componente del ciclo de nutrientes
Seleccione una opción para realizar la evaluación
Estado físico y visual de las turbas, seleccione una opción:
Muy poco descompuesto, las estructuras de tejido de la planta son visibles (material de suelo fíbrico)
Un poco descompuesto, la estructura y los tejidos de las plantas, son visibles (material de suelo fíbrico)
Moderadamente descompuestos, las estructuras de tejido vegetal son poco visibles (fíbrico de material
Muy descompuesta, sin estructuras de tejido de la planta visibles (material de suelo sápricos)
Muy muy descompuesta, sin estructuras visibles de tejido de la planta (material de suelo sápricos)
Clasificación CEC (datos de entrada y resultado):
Horizonte Profundidad Textura Contenido de humus Densidad aparente Piedras CEC mineral CEC org Tierra fina CEC mineral CEC org CEC
Ap 2 CA 0.3 1.4 30 4 30.3 27916 1116.64 118.42 1219.427
B 0.4 CA 0.5 1.4 30 4 17.9 5583.2 223.328 13.392 233.727
Bc 0.1 CA 0.2 1.6 30 6 20 1595.2 95.712 4.148 98.616
Resultado de la evaluación: clase: 1 interpretación: muy alto
Conclusión (puede editarla):
De acuerdo al pH del horizonte, la capacidad de intercambio catiónico efectiva se muestra en la columna 'CEC org'.
Cabe mencionar que el contenido de arcilla ha sido cuestionado o no durante la evaluación, dependiendo el tipo de textura del horizonte,
la cantidad de tierra fina es calculada mediante la multiplicación del volumen del horizonte, los resultados son mostrados en la columna
Nota: Verifique si hay correcciones por origen, contenido de arcilla y estructura de los primeros 50 cm del perfil. Corregir la clase y la evaluación en dos casos:
Si el origen del perfil completo, es fluvial o coluvial: Clase= Valor de la clase - 1
Si la textura de la superficie de 50 cm contiene >= 40% de arcilla en Clase= Valor de la clase + 2
En otros casos: Clase= Clase
donde:
Clase = 1 Muy Alto
Clase = 2 Alto
Clase = 3 Medio
Clase = 4 Bajo
Clase = 5 Muy Bajo
Guardar evaluación

Figura 23. Evaluación del ciclo de nutrientes

Evaluación del suelo como medio de transformación:

La estructura del suelo y el porcentaje de humus del perfil empleado en el ejemplo corresponden a la cuarta opción de la evaluación.

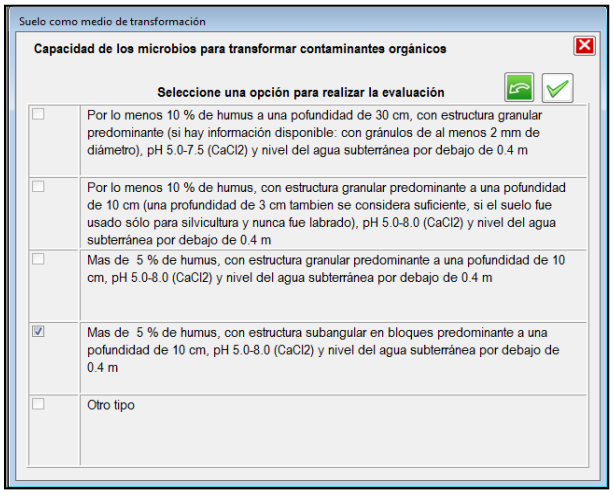

Suelo como medio de transformación
Capacidad de los microbios para transformar contaminantes orgánicos
Seleccione una opción para realizar la evaluación
Por lo menos 10 % de humus a una pofundidad de 30 cm, con estructura granular predominante (si hay información disponible: con gránulos de al menos 2 mm de diámetro), pH 5.0-7.5 (CaCl2) y nivel del agua subterránea por debajo de 0.4 m
Por lo menos 10 % de humus, con estructura granular predominante a una pofundidad de 10 cm (una profundidad de 3 cm tambien se considera suficiente, si el suelo fue usado sólo para silvicultura y nunca fue labrado), pH 5.0-8.0 (CaCl2) y nivel del agua subterránea por debajo de 0.4 m
Mas de 5 % de humus, con estructura granular predominante a una pofundidad de 10 cm, pH 5.0-8.0 (CaCl2) y nivel del agua subterránea por debajo de 0.4 m
Mas de 5 % de humus, con estructura subangular en bloques predominante a una pofundidad de 10 cm, pH 5.0-8.0 (CaCl2) y nivel del agua subterránea por debajo de 0.4 m
Otro tipo

Figura 24. Evaluación del suelo como medio de transformación

Evaluación del suelo como sitio de producción de alimentos y biomasa:

Esta evaluación se divide en dos partes:

- En la primera se definen el estado físico y visual de las turbas. Para el perfil del ejemplo, el suelo corresponde a la segunda opción.

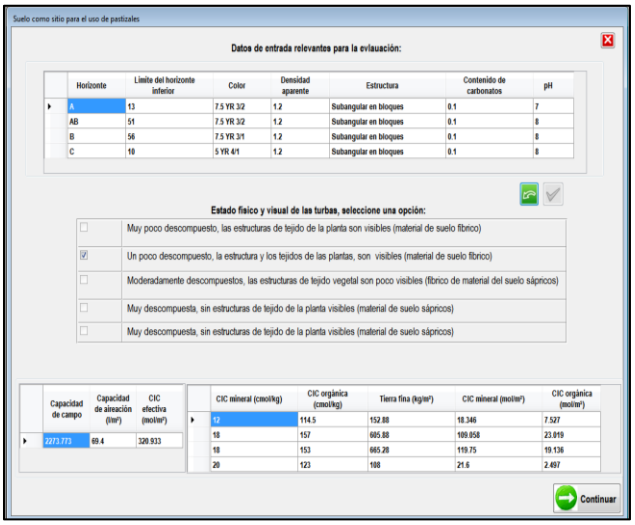

Suelo como sitio para el uso de pastizales
Datos de entrada relevantes para la evluación:
Horizonte
Limite del horizonte inferior
Color
Densidad aparente
Estructura
Contenido de carbonatos
pH
A 13 7.5 YR 3/2 1.2 Subangular en bloques 0.1 7
AB 51 7.5 YR 3/2 1.2 Subangular en bloques 0.1 8
B 56 7.5 YR 3/1 1.2 Subangular en bloques 0.1 8
C 10 5 YR 4/1 1.2 Subangular en bloques 0.1 8
Estado físico y visual de las turbas, seleccione una opción:
Muy poco descompuesto, las estructuras de tejido de la planta son visibles (material de suelo fibrico)
Un poco descompuesto, la estructura y los tejidos de las plantas, son visibles (material de suelo fibrico)
Moderadamente descompuestos, las estructuras de tejido vegetal son poco visibles (fibrico de material del suelo sápricos)
Muy descompuesta, sin estructuras de tejido de la planta visibles (material de suelo sápricos)
Muy descompuesta, sin estructuras de tejido de la planta visibles (material de suelo sápricos)
Capacidad de campo
Capacidad de aireación (l/m²)
CIC efectiva (mol/m²)
2273.773 69.4 320.933
CIC mineral (cmol/kg)
CIC orgánica (cmol/kg)
Tierra fina (kg/m²)
CIC mineral (mol/m²)
CIC orgánica (mol/m²)
12 114.5 152.88 18.346 7.527
18 157 605.88 109.058 23.019
18 153 665.28 119.75 19.136
20 123 108 21.6 2.497
Continuar

Figura 25. Primera parte de la evaluación de alimentos y biomasa

- La segunda parte brinda opciones para determinar la clase resultante de la evaluación. Para el perfil empleado:

  ✓ La estructura del suelo del tamaño de los agregados corresponde a la clase 3.
  ✓ La profundidad de enraizamiento se clasificó en 2.

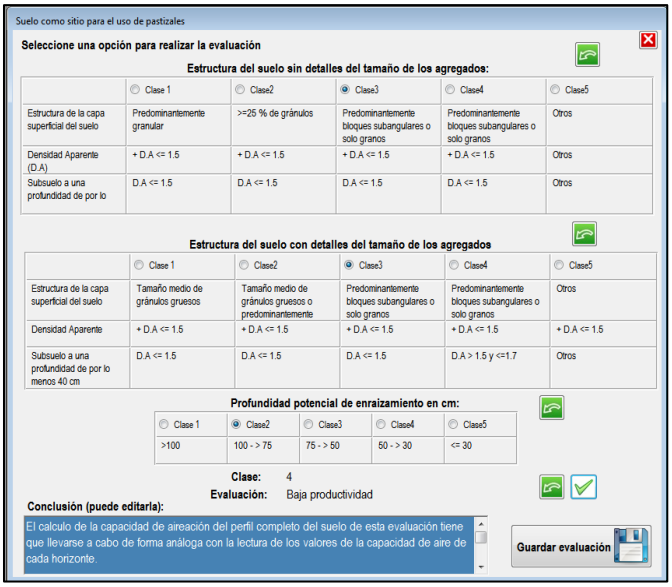

Suelo como sitio para el uso de pastizales
Seleccione una opción para realizar la evaluación
Estructura del suelo sin detalles del tamaño de los agregados:
Clase 1 Clase2 Clase3 Clase4 Clase5
Estructura de la capa superficial del suelo: Predominantemente granular | >=25 % de gránulos | Predominantemente bloques subangulares o solo granos | Predominantemente bloques subangulares o solo granos | Otros
Densidad Aparente (D.A): + D.A <= 1.5 | + D.A <= 1.5 | + D.A <= 1.5 | + D.A <= 1.5 | Otros
Subsuelo a una profundidad de por lo: D.A <= 1.5 | D.A <= 1.5 | D.A <= 1.5 | D.A <= 1.5 | Otros
Estructura del suelo con detalles del tamaño de los agregados
Clase 1 Clase2 Clase3 Clase4 Clase5
Estructura de la capa superficial del suelo: Tamaño medio de gránulos gruesos | Tamaño medio de gránulos gruesos o predominantemente | Predominantemente bloques subangulares o solo granos | Predominantemente bloques subangulares o solo granos | Otros
Densidad Aparente: + D.A <= 1.5 | + D.A <= 1.5 | + D.A <= 1.5 | + D.A <= 1.5 | + D.A <= 1.5
Subsuelo a una profundidad de por lo menos 40 cm: D.A <= 1.5 | D.A <= 1.5 | D.A <= 1.5 | D.A > 1.5 y <=1.7 | Otros
Profundidad potencial de enraizamiento en cm:
Clase 1 Clase2 Clase3 Clase4 Clase5
>100 | 100 - > 75 | 75 - > 50 | 50 - > 30 | <= 30
Clase: 4
Evaluación: Baja productividad
Conclusión (puede editarla):
El calculo de la capacidad de aireación del perfil completo del suelo de esta evaluación tiene que llevarse a cabo de forma análoga con la lectura de los valores de la capacidad de aire de cada horizonte.
Guardar evaluación

Figura 26. Segunda parte de la evaluación de alimentos y biomasa

Evaluación del suelo como base y hábitat de la vida humana:

Para esta evaluación se seleccionó la opción que indica que no existen fuentes de contaminación puntuales y difusas en el perfil.

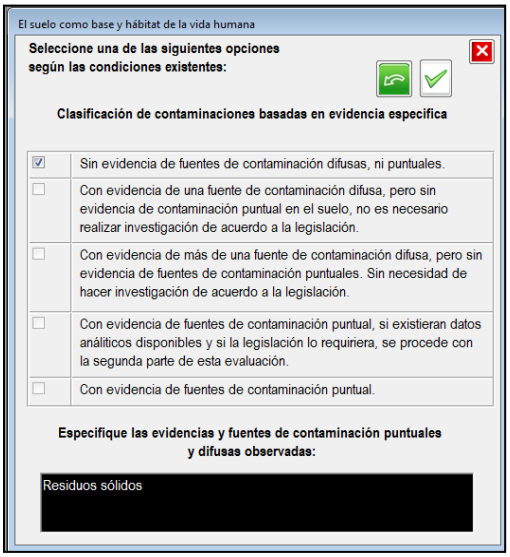

El suelo como base y hábitat de la vida humana
Seleccione una de las siguientes opciones según las condiciones existentes:
Clasificación de contaminaciones basadas en evidencia especifica
Sin evidencia de fuentes de contaminación difusas, ni puntuales.
Con evidencia de una fuente de contaminación difusa, pero sin evidencia de contaminación puntual en el suelo, no es necesario realizar investigación de acuerdo a la legislación.
Con evidencia de más de una fuente de contaminación difusa, pero sin evidencia de fuentes de contaminación puntuales. Sin necesidad de hacer investigación de acuerdo a la legislación.
Con evidencia de fuentes de contaminación puntual, si existieran datos análiticos disponibles y si la legislación lo requiriera, se procede con la segunda parte de esta evaluación.
Con evidencia de fuentes de contaminación puntual.
Especifique las evidencias y fuentes de contaminación puntuales y difusas observadas:
Residuos sólidos

Figura 27. Evaluación del suelo como base y hábitat de la vida humana

Evaluación del suelo como hábitat de la flora y fauna:

El nivel de agua subterránea para el perfil empleado es de 0.6 m y el valor de salinización corresponde a 0.006 dS/m en 1:2.5.

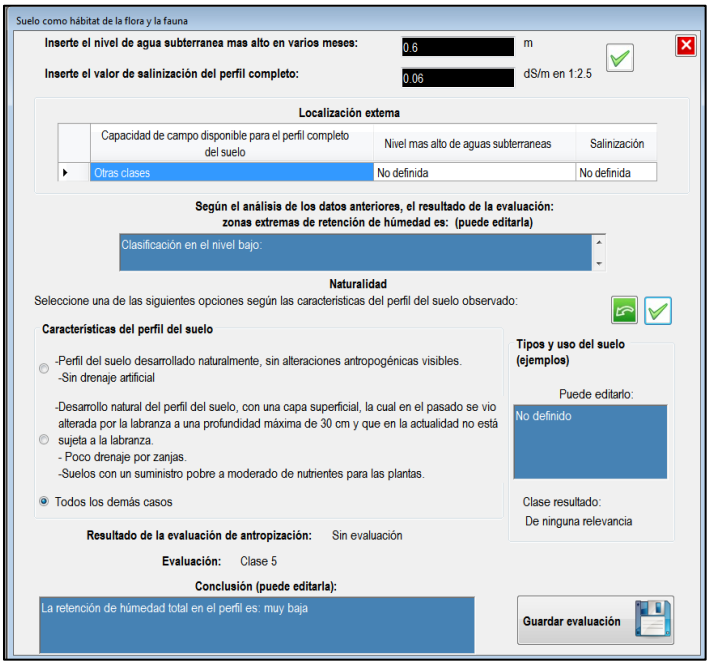

Suelo como hábitat de la flora y la fauna
Inserte el nivel de agua subterranea mas alto en varios meses:
0.6
m
Inserte el valor de salinización del perfil completo:
0.06
dS/m en 1:2.5
Localización extema
Capacidad de campo disponible para el perfil completo del suelo
Nivel mas alto de aguas subterraneas
Salinización
Otras clases
No definida
No definida
Según el análisis de los datos anteriores, el resultado de la evaluación: zonas extremas de retención de húmedad es: (puede editarla)
Clasificación en el nivel bajo:
Naturalidad
Seleccione una de las siguientes opciones según las características del perfil del suelo observado:
Características del perfil del suelo
-Perfil del suelo desarrollado naturalmente, sin alteraciones antropogénicas visibles.
-Sin drenaje artificial
-Desarrollo natural del perfil del suelo, con una capa superficial, la cual en el pasado se vio alterada por la labranza a una profundidad máxima de 30 cm y que en la actualidad no está sujeta a la labranza.
- Poco drenaje por zanjas.
-Suelos con un suministro pobre a moderado de nutrientes para las plantas.
Todos los demás casos
Tipos y uso del suelo (ejemplos)
Puede editarlo:
No definido
Clase resultado:
De ninguna relevancia
Resultado de la evaluación de antropización:
Sin evaluación
Evaluación:
Clase 5
Conclusión (puede editarla):
La retención de húmedad total en el perfil es: muy baja
Guardar evaluación

Figura 28. Evaluación del suelo como hábitat de flora y fauna

Evaluación del suelo como medio de filtración e infiltración:

Para implementar esta evaluación es necesario definir el nivel de precipitación crítica. Para el perfil que usamos de ejemplo fue: 4.5.

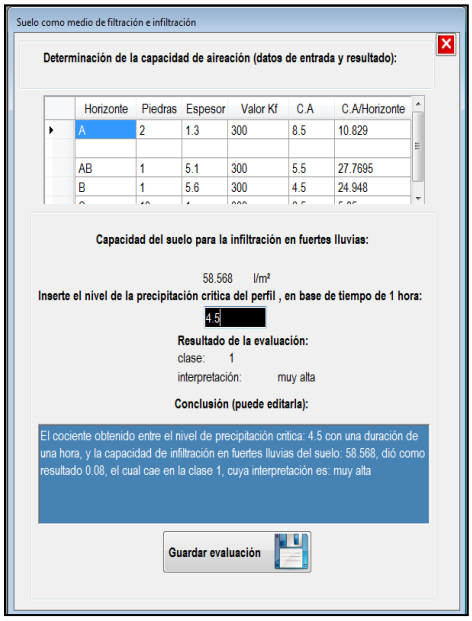

Suelo como medio de filtración e infiltración
Determinación de la capacidad de aireación (datos de entrada y resultado):
Horizonte Piedras Espesor Valor Kf C.A C.A/Horizonte
A 2 1.3 300 8.5 10.829
AB 1 5.1 300 5.5 27.7695
B 1 5.6 300 4.5 24.948
Capacidad del suelo para la infiltración en fuertes lluvias:
58.568 l/m²
Inserte el nivel de la precipitación crítica del perfil , en base de tiempo de 1 hora:
4.5
Resultado de la evaluación:
clase: 1
interpretación: muy alta
Conclusión (puede editarla):
El cociente obtenido entre el nivel de precipitación crítica: 4.5 con una duración de una hora, y la capacidad de infiltración en fuertes lluvias del suelo: 58.568, dió como resultado 0.08, el cual cae en la clase 1, cuya interpretación es: muy alta
Guardar evaluación

Figura 29. Evaluación del suelo como medio de filtración e infiltración

El software crea automáticamente las evaluaciones mostradas a continuación, depurando los datos del perfil de suelo durante la consulta:

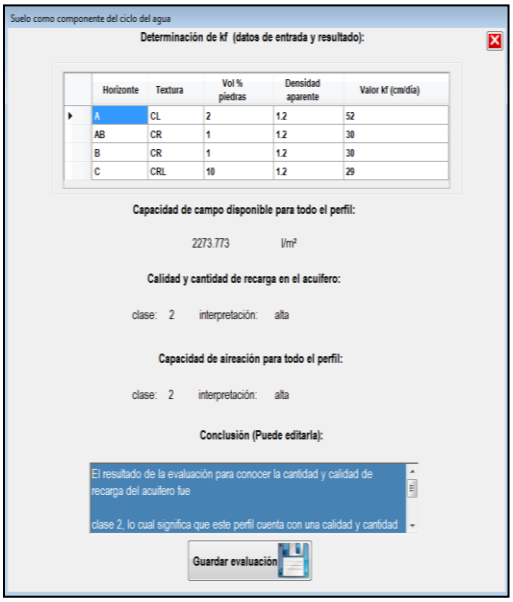

Suelo como componente del ciclo del agua
Determinación de kf (datos de entrada y resultado):
Horizonte Textura Vol % piedras Densidad aparente Valor kf (cm/día)
A CL 2 1.2 52
AB CR 1 1.2 30
B CR 1 1.2 30
C CRL 10 1.2 29
Capacidad de campo disponible para todo el perfil:
2273.773 l/m²
Calidad y cantidad de recarga en el acuífero:
clase: 2 interpretación: alta
Capacidad de aireación para todo el perfil:
clase: 2 interpretación: alta
Conclusión (Puede editarla):
El resultado de la evaluación para conocer la cantidad y calidad de recarga del acuífero fue
clase 2, lo cual significa que este perfil cuenta con una calidad y cantidad
Guardar evaluación

Figura 30. Evaluación del suelo como componente del ciclo del agua

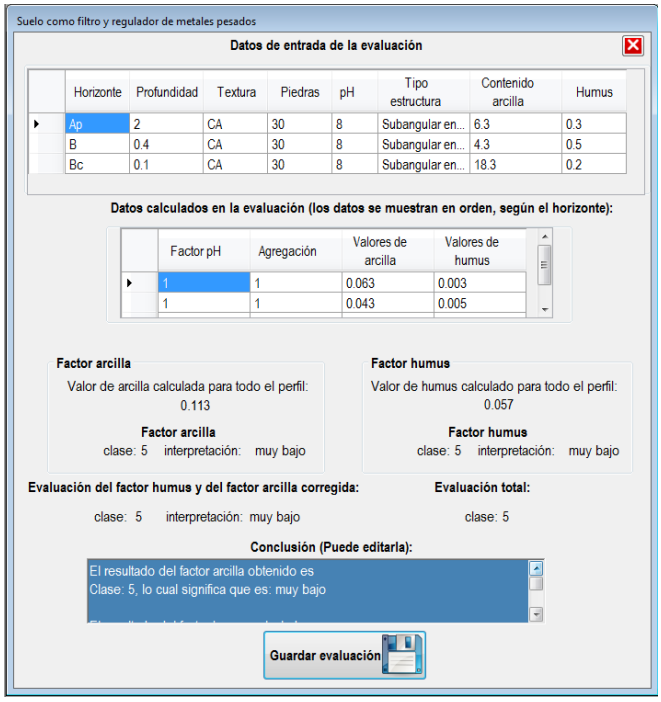

Suelo como filtro y regulador de metales pesados
Datos de entrada de la evaluación
Horizonte Profundidad Textura Piedras pH Tipo estructura Contenido arcilla Humus
Ap 2 CA 30 8 Subangular en... 6.3 0.3
B 0.4 CA 30 8 Subangular en... 4.3 0.5
Bc 0.1 CA 30 8 Subangular en... 18.3 0.2
Datos calculados en la evaluación (los datos se muestran en orden, según el horizonte):
Factor pH Agregación Valores de arcilla Valores de humus
1 1 0.063 0.003
1 1 0.043 0.005
Factor arcilla
Valor de arcilla calculada para todo el perfil:
0.113
Factor arcilla
clase: 5 interpretación: muy bajo
Factor humus
Valor de humus calculado para todo el perfil:
0.057
Factor humus
clase: 5 interpretación: muy bajo
Evaluación del factor humus y del factor arcilla corregida:
clase: 5 interpretación: muy bajo
Evaluación total:
clase: 5
Conclusión (Puede editarla):
El resultado del factor arcilla obtenido es
Clase: 5, lo cual significa que es: muy bajo
Guardar evaluación

Figura 31. Evaluación del suelo como filtro y regulador de metales pesados

Referencias

De la Rosa, D., Mayol, F., Díaz-Pereira, E., Fernández, M., De la Rosa Jr., D., 2004. "A land evaluation decision support system (MicroLEIS DSS) for agricultural soil protection", ei: *Environmental Modelling & Software*. 19 (10), pp. 929-942.

De la Rosa, D. 2008. *Evaluación agroecológica de suelos para un desarrollo rural sostenible*. Madrid: Mundi-Prensa.

De la Rosa D., Anaya-Romero, M., Díaz-Pereira, E., Heredia, N., Shahbazi, F. 2009. "Soil-specific Agro-ecological Srategies for Sustainable Land Use. A Case Study by Using MicroLEIS DSS in Sevilla Province (Spain)", in: *Land Use Politicy*, 26 pp. 1055-1065.

Díaz-Pereira, E., Anaya-Romero, M. y de la Rosa, D. 2011. "Modelos de evaluación agroecológica de tierras: erosión y contaminación en el entorno MicroLEIS", en: *Teoría y paraxis*, 9, pp. 91-107.

FAO. 1973. *A framework for land evaluation*. Draft edition. AGL/MISC/73/14. Rome.

FAO. 1978. *Report on the agro-ecological zones project. World Soil Resources Report. 48*, Rome.

FAO. 1985. *Guidelines: Land evaluation for irrigated agriculture. FAO soils bulletin 55*. Rome.

FAO. 2009. *Guía para la descripción de suelos.* Cuarta edición. Roma.

Lehmann A., David S., Stahr K. 2008. *Technique for Soil Evaluation and Categorization for Natural and Anthropogenic Soils*. Hohehnheimer: Universitat Hohenheim and Institute fur Bodenkunde und standortslehre.

Sanchez, P. A., Couto, W., Buol, S. W. 1982. "The fertility capability soil classification system. Interpretation, applicability and modifications", in: *Geoderma*. 27, pp. 283-309.

Siebe, C., Janh, R., Stahr, K. 1996. *Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo.* Estado de México: Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo.

Ortiz-Solorio C. A., Gutiérrez-Castorena, M. C. 2005. "Contemporary Influence of Indigenous Soil (Land) Classification in Mexico", in *Eurasian Soil Science*, 38, Suppl. 1, pp. S89-S94.

Van Diepen, C. A., Van Keulen, H., Wolf, J. and Berkhout, J. A. 1991. "Land evaluation: from intuition to quantification", in: *Advances In Soil Science*, New York, pp. 139-204.

APÉNDICE I

I.1. Estimación de propiedades de perfiles de suelo

Condiciones climáticas:

Cuadro 1. Condiciones climáticas pasadas

Condiciones climáticas pasadas	**Clave**
Sin lluvia en el último mes	WC 1
Sin lluvia en la última semana	WC 2
Sin lluvia en las últimas 24 horas	WC 3
Lluvia ligera en las últimas 24 horas	WC 4
Lluvia fuerte diaria	WC 5
Periodo extremadamente lluvioso	WC 6

Cuadro 2. Condiciones climáticas presentes

Condiciones climáticas presentes	**Clave**
Soleado/Despejado	SU
Parcialmente nublado	PC
Nublado	OV
Lluvioso	RA
Viento fuerte	VI
Neblina	NE

Posición fisiográfica:

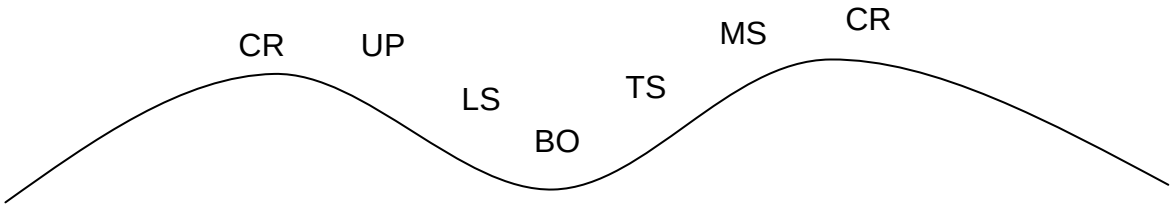


Figura 32. Posición fisiográfica

Dónde:

CR= Cresta.
UP= Pendiente alta.
LS = Pendiente baja.
BO = Base.
TS = Punta de pendiente.
MS = Pendiente media.

Material parental:

En la siguiente tabla se presenta la identificación de las principales rocas a través de sus características macroscópicas:

Cuadro 3. Material parental

No. corr.		Características macroscópicas	Continuar en el No.	Tipo de roca
1	a.	Granular grueso, tamaño dominante > 1mm, matriz fina faltante o sólo presente en el espacio poroso.	2	
	b.	Granular fino, sólo tamaños < 1mm, compactación media, rompe en superficies accidentadas, con el cuchillo se puede destruir la unión entre granos.	15	
	c.	Uniformemente compacto o vítreo, rompe en astillas o concoidalmente, a veces poroso, los poros pueden estar vacíos o rellenos de sustancia mineral de colores claros.	8	
	d.	Porífico (gran porcentaje de masa basal fina con incrustaciones gruesas que generalmente no tienen contacto unas con otras.	11	
2	a.	Totalmente cristalina, compacta, cristales de tamaños muy similares, sin componentes de origen orgánico.	3	
	b.	Consiste de granos y componentes gruesos, presenta rasgos de tensión mecánica o actividad de organismos, generalmente estratificada.	14	
3	a.	Consiste de una sola clase de minerales.	6	
	b.	Se distinguen varios tipos de componentes principales.	4	
4	a.	El ordenamiento de los componentes granulares no presenta dirección.	5	
	b.	El ordenamiento de los componentes es en bandas con tendencia claramente paralela.	12	
5	a.	Claro, obviamente cuarzo, componentes principales: cuarzo, feldespato potásico; componentes secundarios: biotita, muscovita.		**Granito**
		Oscuro, sin cuarzo, componentes principales: plagioclasa; componentes secundarios: olivino,		

b.	augita, hornblenda.		**Gabro**
6 a.	Se puede rallar con la uña.		**Yeso**
b.	No se puede rallar con un cuchillo, o resulta difícil.		
c.	Se puede rasguñar con un cuchillo, pero no con la uña.	7	**Cuarcita**
7 a.	Se reconocen claramente minerales individuales, efervesce fuertemente con HCL 10%.		**Mármol**
b.	No se reconocen minerales individuales, efervesce fuertemente con HCL 10%.		**Caliza**
c.	Minerales individuales reconocibles, el polvo solo efervesce débilmente con HCL.		**Dolomita**
8 a.	Muy porosa, color claro y ligera.		**Pómez**
b.	Poco porosa o sin poros.	9	
9 a.	Se puede rallar con el cuchillo.	7	
b.	No o casi no es posible rallar con el cuchillo.	10	
10 a.	Color gris a negra, similar a concreciones, su superficie es globosa.		**Pedernal**
b.	Color negro a rojo oscuro, brillo vítreo, rompe en lajas.		**Obsidiana**
c.	Muy oscura y compacta, vértices no translúcidos, a veces presenta burbujas.		**Basalto**
11 a.	Masa basal muy obscura, inclusiones de olivino o augita.		**Basalto**
b.	Masa basal clara, generalmente un poco rojiza; inclusiones predominantemente de cuarzo.		**Granodiorita**
12 a.	Pizarroso, generalmente de grano fino, en parte exfoliable.	13	
b.	Pizarroso, compacto, granular, no exfoliable, componentes principales: cuarzo, feldespato, micas.		**Gneis**
13 a.	Alto contenido de micas macroscópicas.		**Micacita**
b.	Brillo acelerado, textura grasosa.		**Filita**

c.	No tiene minerales visibles, brillo opaco.		**Pizarra arcillosa**
14 a.	Muchos componentes gruesos, angulares y redondeados, minerales idomorfos, magmáticos reconocibles.		**Toba volcánica**
b.	Muchos componentes gruesos (mm-cm) redondeados.		**Conglomerado**
c.	Muchos componentes gruesos angulares (mm-cm).		**Brecha**
d.	Tamaños de partículas muy diversos, los componentes finos son margas (15e), los componentes gruesos son fragmentos de roca (líticos).		**Margas glaciales**
e.	Tamaños de partículas muy diversos, los componentes finos son limos, los componentes gruesos son fragmentos de roca (líticos).		**Limonita glaciar**
f.	Componentes casi exclusivamente <2mm.	15	
15 a.	Granos de diámetro predominantemente de 1mm.		**Arenisca gruesa**
b.	Granos de diámetro predominantemente de 0.1mm.		**Arenisca fina**
c.	Granos predominantemente de diámetros <0.1mm, granos individuales perceptibles.		**Limonita**
d.	Generalmente contiene carbonatos.		**Loess**
e.	Granos individuales no perceptibles, diámetro <0.1 mm.		**Lutita**
	Granos de tamaño <0.1 mm, granos individuales no perceptibles, contiene carbonatos.		**Marga**

Uso de suelo y vegetación:

Cuadro 4. Uso de suelo y vegetación

Agrícola	Agricultura mixta
Ganadero	Vegetación secundaria
Forestal	Vegetación nativa
Uso urbano	

Forma de terreno:

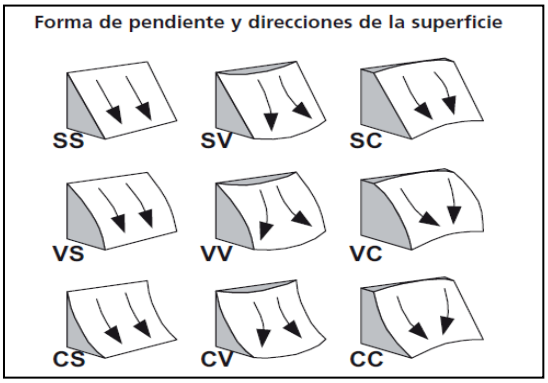


Figura 33. Forma de terreno

Erosión:

Cuadro 5. Tipos de erosión

Descripción	**Clave**
Sin evidencia de erosión	N
Erosión hídrica o deposición	W
Erosión laminar	WS
Erosión por surcos	WR
Erosión por cárcavas	WG
Erosión por galería	WT
Deposición de agua	WD
Erosión hídrica y eólica	WA
Movimiento en masa	M
Erosión eólica o deposición	A
Deposición por el viento	AD
Erosión eólica y deposición	AM
Movimientos de arena	AS
Deposición de sales	AZ
No conocido	NK

Textura:

La tabla que se presenta a continuación contiene una clave para la designación de la clase textural:

Cuadro 6. Clave para el análisis del tamaño de partícula (Textura)

No. corr.	Características	Seguir en No.	Tipo de textura	Clave
1	**Intentar formar con la muestra un rollito del grosor de un lápiz.**			
a)	Moldeable.	4		
b)	No Moldeable.	2		
2	**Palpar la consistencia entre los dedos índice y pulgar.**			
a)			Franca Arenosa	CA
b)	Adhesiva, se adhiere ligeramente al dedo. No adhesiva, no moldeable.	3		
3	**Frotar la muestra entre las palmas de la mano.**			
a)	Consistencia muy harinosa, no se perciben granos de arena.		Limosa	L
b)	Consistencia muy harinosa y se perciben granos de arena (<50% arena).		Franca Limosa Gruesa	CLg
c)	Muy arenosa (50-85% arena), queda material fino en las líneas de la palma.		Arenosa Franca	AC
d)	Muy arenosa (>85% arena), no queda material fino en las líneas de la palma.		Arenosa	A
4	**Intentar moldear un rollo del grosor de una aguja para tejer gruesa.**			
a)	Moldeable, superficie opaca, consistencia harinosa.	5		
b)	Moldeable, consistencia plástica, pegajosa	6	Franca Arcillosa Arenosa	CRA
c)	No moldeable, se adhiere al dedo, se perciben granos de arena (<46% arena).			
5	**Evaluar la consistencia.**			
a)	Adhesiva, harinosa, se agrieta fácilmente al presionar.		Franca Limosa Fina	CLf

b) c)	Ligeramente harinosa, casi no se agrieta, muy moldeable. Granos de arena visibles y perceptibles, se agrieta al presionar.		Franca Arcillosa Limosa Franca	CRL C
6 a) b) c)	**Evaluar la superficie de la muestra después de friccionarla con la uña del dedo.** Superficie opaca o con brillo tenue, casi no se perciben granos de arena. Superficie opaca a ligeramente brillosa, granos de arena perceptibles. Superficie brillosa.	7	Franca Arcillosa Arcillosa Arenosa	CR RA
7 a) b)	**Evaluar la consistencia entre los dientes.** Rechina. Consistencia de mantequilla.		Arcillosa Limosa Arcillosa	RL R

Volumen de piedras:

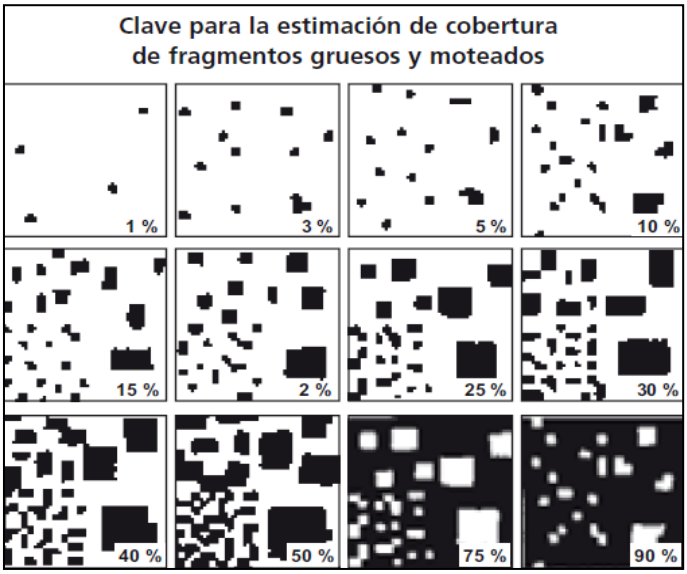


Figura 34. Volumen de fragmentos gruesos

Potencial capilar:

Cuadro 7. Humedad

Oprimir la muestra	Formar una esfera	Humedecer	Frotarla	Desig.	pF
Se forma polvo.	No se puede.	Muy oscura.	No se aclara.	Muy seca.	5
No se forma polvo.	No se puede.	Notablemente oscura.	Se aclara muy poco.	Seca.	4
No se forma polvo.	Moldeable.	No se oscurece.	Se aclara notablemente.	Fresca.	3
Adhesiva.	Al exprimirla brilla un poco.	No se oscurece.	Se aclara notablemente.	Húmeda.	2
Tiene agua libre.	Fluye.	No se oscurece.	Se aclara notablemente.	Mojada.	1

Nivel de estabilidad de agregados:

Cuadro 8. Estabilidad de agregados

Grado de descomposición	Evaluación
No hay descomposición o sólo fragmentos grandes.	Muy alta.
Dominan los fragmentos grandes sobre los pequeños.	Alta.
Igual número de fragmentos grandes y pequeños.	Mediana.
Dominan los fragmentos pequeños sobre los grandes.	Moderada.
Sólo fragmentos pequeños y turbidez notable en el agua.	Baja.
Descomposición total y alta turbidez en el agua.	Muy baja.

Abundancia y tamaño de poros:

Cuadro 9. Poros

Abundancia	
Pocos.	1 a 50 por $dm.^2$
Comunes.	51 a 200 por $dm.^2$
Muchos.	Más de 200 por $dm.^2$
Tamaño	
Micro.	<0.075 mm.
Muy finos.	0.075 - 1 mm.
Finos.	1 – 2 mm.
Medianos.	2 – 5 mm.
Gruesos.	> 5 mm.

Densidad de raíces:

Cuadro 10. Raíces

Raíces finas	Evaluación
<1	Nula
1 – 2	Muy baja
3 – 5	Baja
6 – 10	Mediana
11 – 20	Alta
21 – 50	Muy alta
> 50	Extremadamente alta

Límites entre horizontes:

Cuadro 11. Límites

Claridad	
Abrupto.	< 2 mm.
Claro.	2 – 5 mm.
Gradual.	5 – 12 mm.
Difuso.	> 12 mm.
Topografía	
Uniforme, ondulado, irregular o gradual.	

I.2. Cálculo de propiedades de la evaluación edafo-ecológica

Assofu ejecuta funciones para generar estimaciones asociadas a perfiles de suelo. En este apartado se describen con detalle las propiedades y las evaluaciones de uso de suelo estimadas.

Capacidad de retención de agua:

Cantidad máxima de agua que el suelo puede retener. Representa el almacenaje de agua del suelo. Se produce después de las precipitaciones atmosféricas cuando el agua gravitacional abandona el suelo, durante ese período se producen pérdidas por evaporación, absorción de las plantas, etc. Para su cálculo se implementa la siguiente fórmula:

$$dCC\ [L/m^2] = dCC\ [Vol.\ \%] * (100 - piedras[Vol.\ \%] * espesor[dm])$$

Donde:

- ✓ dCC [Vol. %] = Capacidad de retención de agua en porcentaje de volumen.
- ✓ piedras [Vol. %] = Piedras del horizonte en porcentaje de volumen.
- ✓ espesor [dm] = Espesor del horizonte.

Cantidad de humus:

$$Cantidad\ de\ humus\ (kg/m^2) = \%\ m.o\ *\ d.a\ (kg/dm^3) * ((100 - \%\ piedras / 100) * espesor\ (dm))$$

Donde:

- ✓ % m.o = Contenido de materia orgánica en porcentaje.
- ✓ d.a (kg/dm³) = densidad aparente.
- ✓ 100 - % piedras / 100 = Factor corrector de piedras en porcentaje de volumen.
- ✓ espesor (dm) = Espesor del horizonte en dm.

Reserva de nitrógeno:

$$Nt\ (kg/m^2) = humus\ (kg/m^2) * tipo\ de\ humus$$

Donde:

- ✓ Nt (kg/m²) = Reserva de nitrógeno.
- ✓ humus (kg/m²) = Cantidad de humus presente en un m² de suelo dentro del espacio radicular.
- ✓ tipo de humus: Constante definida según el tipo de humus del horizonte: mull = 0.050, moder = 0.025 y mor o rohhumus = 0.015.

Disponibilidad de nitrógeno:

$$Nd\ (kg/m^2) = humus\ (kg/m^2) * tipo\ de\ humus$$

Donde:

- ✓ Nd (kg/m²) = Disponibilidad de nitrógeno.
- ✓ humus (kg/m²) = Cantidad de humus presente en un m² de suelo dentro del espacio radicular.
- ✓ tipo de humus: Constante definida según el tipo de humus del horizonte: mull = 0.25, moder = 0.08 y mor o rohhumus = 0.03.

Abastecimiento con fósforo:

$$Pmo\ (g/m^2) = humus\ (kg/m^2) * tipo\ de\ humus$$

Donde:

- ✓ Pmo (g/m^2) = Abastecimiento con fósforo.
- ✓ humus (kg/m^2) = Cantidad de humus presente en un m^2 de suelo dentro del espacio radicular.
- ✓ tipo de humus: Constante definida según el tipo de humus del horizonte: mull = 10.0, moder = 1.5 y mor o rohhumus = 0.8.

I.3. Cálculos para las evaluaciones de las funciones ambientales de los suelo

A continuación se muestra la descripción de las evaluaciones ambientales y de los datos estimados que generan.

a) **Hábitat vida humana.** Se consideran áreas que no presentan fuentes de contaminación como sitios potenciales para hábitat.

Cuadro 12. Clasificación de contaminantes basados en evidencia especifica

Clasificación	**Evaluación intermedia**
Sin evidencia de fuentes de contaminación puntuales y difusas.	1
Con evidencia de una fuente de contaminación difusa, pero sin evidencia de contaminación puntual.	2
Con evidencia de más de una fuente de contaminación difusa, pero sin evidencia de fuentes de contaminación puntuales.	3
Con evidencia de fuentes de contaminación puntual, si existieran datos analíticos disponibles, se procede con el Cuadro 13.	
Con evidencia de fuentes de contaminación puntual	5

Cuadro 13. Clasificación de contaminantes basados en datos analíticos

Clasificación	**Evaluación**
Evidencias de contaminación, que no requieren acciones de remediación de acuerdo a la legislación.	4
Evidencia de contaminación que requiere medidas de remediación de acuerdo a la legislación.	5

b) **Hábitat de flora y fauna.** Determina que tan significativos son los sitios para la protección y conservación de la biodiversidad y si son suelos con antecedentes de antropización.

Capacidad de campo disponible:

$$\text{aFCT} = \sum_{i=1}^{n}(TH_i * 100) * \left(1 - \left(\frac{CR_i}{100}\right)\right) * \left(\frac{aFC_i}{100}\right)$$

Donde:

- ✓ aFCT: Capacidad de campo disponible del perfil completo de suelo.
- ✓ TH_i: Espesor del horizonte *i* en dm.
- ✓ CR_i: Volumen de fragmentos gruesos del horizonte *i*.
- ✓ $aFC_{i:}$ Capacidad de campo disponible del horizonte *i*.

Cuadro 14. Localización extrema del perfil

Capacidad de campo disponible para el perfil completo de suelo	**Nivel más alto de aguas subterráneas**	**Salinización**	**Evaluación intermedia**
< 25 con una precipitación anual menor a 1000 mm.	<0.2	≥16 < 50 o pH >8	1
25 < 50 con una precipitación anual menor a 1000 mm.	0.2 < 0.4	≥8 < 16 o pH >8	2
50 < 75 con una precipitación anual menor a 1000 mm.	0.4 < 0.8		3
75 < 100 con una precipitación anual menor a 1000 mm.			4
Otros casos.			5

Cuadro 15. Clasificación de la antropización del suelo

Características del perfil de suelo	**Tipos de uso del suelo**	**Evaluación intermedia**
Perfil del suelo desarrollado naturalmente, sin alteraciones antropogénicos visibles. Sin drenaje artificial.	Madera natural, prado subhúmedo y húmedo, prados secos, áreas costeras y áreas de turba / humedales.	1
Desarrollo natural del perfil del suelo con una capa superficial alterada por la labranza a una profundidad máxima de 30 cm que en la actualidad no está sujeta a esta actividad. Poco drenaje por zanjas.	Cultivos extensivos, pastizales y prados, bosques, jardines.	2

Suelos con un suministro pobre a moderado de nutrientes para las plantas.		
Todos los demás casos.		Sin relevancia

Cuadro 16. Resultado de la evaluación

Condición	Evaluación
Si la evaluación intermedia de la localización extrema es 1.	1
Si la evaluación intermedia de la localización extrema es 5 y el de naturalidad es 1 ó 2.	2
En otros casos.	Resultado de la evaluación de localización extrema

c) **Ciclo de agua.** Hace énfasis en la cantidad de agua de recarga de los acuíferos y en la capacidad de infiltración, con el objetivo de prevenir erosión, deslizamientos de tierra, inundaciones, etc.

Cuadro 17. Clasificación de la conductividad hidráulica

Volumen de fragmentos gruesos ≥ 60%.	→	Continúe con (i)
El horizonte está compuesto de material mixto con una densidad aparente >1.6 g/cm.^{3}	→	Continúe con (i)
El horizonte es de estructura granular o subangular en bloques con una densidad aparente > 1.5 g/cm.^{3}	→	Continúe con (i)
En otros casos.	→	Continúe con (ii)

(i) kf > 100.

(ii) Valor de kf de acuerdo con el Cuadro 13.

Cuadro 18. Estimación de la conductividad hidráulica

Clases Texturales (FAO)	kf (cm/día) con densidad aparente				
	1.0	**1.2**	**1.4**	**1.6**	**1.8**
A	402	408	327	199	96
AC	287	212	132	69	30
CA	186	99	48	22	10
CRA	118	68	32	12	4
RA	271	217	142	75	32
CL	123	52	20	8	3
CRL	82	29	10	3	1
RL	68	24	8	3	1
L	134	73	37	17	8
CR	87	30	10	4	1
C	97	35	14	7	3
R	114	40	14	6	3

Capacidad de campo:

Se implementa la fórmula mostrada en la evaluación del suelo como vida y hábitat de la flora y fauna.

Resultado de la conductividad hidráulica y la capacidad de campo disponible:

Cuadro 19. Asignación de la conductividad hidráulica y la capacidad de campo

kf (cm/día)	aFC (l/m$^{2)}$			
	<50	**50 - < 140**	**140 - < 200**	**>200**
<5	5	5	4	3
5 - < 10	5	4	3	2
10 - < 20	4	3	2	1
20 - ≤ 50	5	4	3	2
> 50	5	5	4	3

Capacidad de aireación:

$$\text{ACT} = \sum_{i=1}^{n}(TH_i * 100) * \left(1 - \left(\frac{CR_i}{100}\right)\right) * \left(\frac{AC_i}{100}\right)$$

Donde:

- ✓ ACT: Capacidad de aireación del perfil completo de suelo.
- ✓ TH_i: Espesor del horizonte *i* en dm.
- ✓ CR_i: Volumen de fragmentos gruesos del horizonte *n.*
- ✓ $AC_{i:}$ Capacidad de aireación disponible del horizonte *i.*

Resultado de la conductividad hidráulica y la capacidad de aireación:

Cuadro 20. Asignación de la conductividad hidráulica y la capacidad de aireación

kf (cm/día)	aFC (l/m$^{2)}$			
	<50	**50 - < 140**	**140 - < 200**	**>200**
<5	5	4	2	2
5 - < 10	4	3	1	1
10 - < 20	3	2	1	1
20 - ≤ 50	2	1	1	1
> 50	1	1	1	1

d) **Ciclo de nutrientes.** Los suelos con un ciclo de nutrientes apropiado son aquellos con bajo riesgo de pérdida de nutrientes (nitratos) o pérdida de otras substancias por lixiviación.

Tierra fina por horizonte:

$$\text{FE} = BD * 100 * TH * \left(100 - \left(\frac{CR}{100}\right)\right)$$

Donde:

- ✓ FE: Cantidad de tierra fina.
- ✓ BD: Densidad aparente.
- ✓ TH: Espesor del horizonte en dm.
- ✓ CR: Volumen de fragmentos gruesos.

Capacidad de intercambio catiónico de fracción mineral por horizonte:

Cuadro 21. Capacidad de intercambio catiónico (CEC_{miner})

Clase textural	CEC_{miner}	Clase textural	CEC_{miner}	Clase textural	CEC_{miner}
A	2	CL < 10 %	8	CRL, RA	
AC	3	L	10	R 40 - 60 %	
CA < 10 %	4	C, CL	12		
CA > 10 %	6	CRA	15		
		CR	18		

$$CEC_{miner}\text{Hor} = FE * 0.01 * CEC_{miner}$$

Donde:

- ✓ CEC_{miner}Hor: Capacidad de intercambio catiónico calculado.
- ✓ FE: Cantidad de tierra fina por horizonte.
- ✓ CEC_{miner}: Capacidad de intercambio catiónico (Cuadro 16).

Capacidad de intercambio catiónico de fracción orgánica por horizonte:

$$\text{OrgHor} = FE * MO * 0.01$$

Donde:

- ✓ OrgHor: Masa de materia orgánica del horizonte.
- ✓ FE: Cantidad de tierra fina.
- ✓ MO: Materia orgánica.

$$\text{CEC}_{org}\text{Hor} = CECorg * 0.01 * OrgHor$$

Donde:

- ✓ $\text{CEC}_{org}\text{Hor}$: Capacidad de intercambio catiónico de materia orgánica por unidad de superficie del horizonte (mol/m^2).
- ✓ CECorg: Capacidad de intercambio catiónico.
- ✓ OrgHor: Masa de materia orgánica del horizonte.

Capacidad de intercambio catiónico para el perfil completo del suelo:

$$\text{CEC}_{eff} = \sum_{i=1}^{n} CECminerHor_i * (1 - (MO_i/100)) + \text{CECorgHor}_i$$

Donde:

- ✓ CECeff: Capacidad de intercambio catiónico para el perfil completo del suelo.
- ✓ CECminerHor_i: Capacidad de intercambio catiónico del horizonte *i*.
- ✓ MO_i: Contenido de materia orgánica del horizonte *i*.
- ✓ $\text{CEC}_{org}\text{Hor}_i$: Capacidad de intercambio catiónico de materia orgánica por unidad de superficie del horizonte *i*.

Clasificación de la capacidad de intercambio catiónico:

Cuadro 22. Evaluación intermedia

	Cantidad de cationes intercambiables (CEC_{eff})				
	< 25	**25 - 50**	**50 - 100**	**100 - 200**	**>200**
Evaluación intermedia	5	4	3	2	1

Evaluación:

Si el perfil completo de suelo es de origen fluvial o coluvial.	→ Continúe con (i)
Si la textura de los 50 cm de la parte superior del horizonte tiene un valor mayor o igual a 40% de arcilla y la estructura no es principalmente granular o subangular en bloques.	→ Continúe con (ii)
En otros casos.	→ Continúe con (iii)

(i) Resultado = Evaluación intermedia -1.
(ii) Resultado = Evaluación intermedia + 2.
(iii) Resultado = Evaluación intermedia.

e) **Filtro y regulador de metales pesados.** La presencia de concentraciones altas de metales pesados en los suelos representa riegos de contaminación, problemas de salud en plantas, animales y en humanos, en esta evaluación se determina la capacidad del suelo para retener estos metales.

Cuadro 23. Determinación del factor para pH

pH ($CaCl_2$)	**pH-factor**
≥6.5	1
5.5 - < 6.5	0.8
5.0 - < 5.5	0.5
4.0 - < 5.0	0.3
<4	0.1

Cuadro 24. Agregación de la estructura

Estructura predominante del suelo	**Agregación (AGG)**
Angular en bloques.	0.5
Laminar, prismática o columnar.	0.25
Otros.	1

$$\text{CLY} = (Arcilla/100) * AGG$$

Donde:

- ✓ CLY: Valor de arcilla calculado por horizonte.
- ✓ Arcilla: Porcentaje de arcilla por horizonte.
- ✓ AGG: Agregación de la estructura.

$$\text{CLYt} = \sum_{i=1}^{n} TH_i * \left(1 - \left(\frac{CR_i}{100}\right)\right) * CLY_i * pH_i$$

Donde:

- ✓ CLYt: Valor de arcilla para el perfil completo de suelo.
- ✓ TH_i: Espesor del horizonte *i* en dm.
- ✓ CR_i: Volumen de fragmentos gruesos del horizonte *i.*
- ✓ CLY_i: Valor de arcilla calculado del horizonte *i.*
- ✓ pH_i: Valor de pH del horizonte *i.*

Cuadro 25. Clasificación del valor de arcilla

CLYt	Evaluación intermedia
≥ 2,5	1
2 < 2,5	2
1,5 - < 2	3
1 < 1,5	4
< 1	5

Factor humus:

$$\text{HU} = Humus/100$$

Donde:

- ✓ HU: Contenido de humus en porcentaje por masa.
- ✓ Humus: Valor de humus del horizonte.

$$\text{HUt} = \sum_{i=1}^{n} TH_i * 10 * \left(1 - \left(\frac{CR_i}{100}\right)\right) * HU_i * pH_i$$

Donde:

- ✓ HUt: Humus calculado para el perfil completo de suelo.
- ✓ TH_i: Espesor del horizonte *i* en dm.
- ✓ CR_i: Volumen de fragmentos gruesos del horizonte *i.*
- ✓ HU_i: Contenido de humus en porcentaje del horizonte *i.*
- ✓ pH_i: pH del horizonte *i.*

Cuadro 26. Clasificación de humus calculado

CLYt	Evaluación intermedia
> 3	1
> 2 - 3	2
> 1- 2	3
> 0.5 - 1	4
< 0.5	5

Evaluación:

Cuadro 27. Resultado de la evaluación

Si la clasificación intermedia del valor de arcilla es menor a la clasificación intermedia del valor de humus.	→	Continúe con (i)
Si la clasificación intermedia del valor de humus es menor a la clasificación intermedia del valor de arcilla.	→	Continúe con (ii)
(i) Resultado = Clasificación intermedia del valor de arcilla. (ii) (iii)Resultado = Clasificación intermedia del valor de humus.		

f) **Transformador del medio.** Toma en cuenta la capacidad de los microorganismos del suelo para descomponer y transformar sustancias contaminantes.

Cuadro 28. Evaluación

Clasificación de la capa superior del suelo	**Resultado de la evaluación**
Por lo menos 10 % de humus a una profundidad de 30 cm, con estructura granular predominante (si hay información disponible: con gránulos de al menos 2 mm de diámetro), pH 5.5 - 7.5 ($CaCl_2$) y nivel del agua subterránea por debajo de 0.4 m.	1
Por lo menos 10 % de humus, con estructura granular predominante a una profundidad de 10 cm (una profundidad de 3 cm también se considera suficiente si el suelo fue usado sólo para silvicultura y nunca fue labrado), pH 5.0 - 8.0 ($CaCl_2$) y nivel del agua subterránea por debajo de 0.4 m.	2
Más de 5 % de humus, con estructura granular predominante a una profundidad de 10 cm, pH 5.0 - 8.0 ($CaCl_2$) y nivel del agua subterránea por debajo de 0.4 m.	3
Más de 5% de humus, con estructura subangular en bloques predominante a una profundidad de 10 cm, pH 5.0 - 8.0 ($CaCl_2$) y nivel del agua subterránea por debajo de 0.4 m.	4
Otros casos.	5

g) **Alimento y biomasa.** Toma en consideración aspectos como la productividad de suelo, el suministro de nutrientes y las condiciones apropiadas para el crecimiento de plantas. Los suelos altamente productivos no sólo son de importancia para cultivar alimentos y fibra, también tienen el potencial para mejorar la calidad de los entornos urbanos.

Las siguientes estimaciones ya se han descrito anteriormente:

- Capacidad de campo disponible: Evaluación de flora y fauna.
- Capacidad de aireación: Evaluación del ciclo del agua.
- Tierra fina: Evaluación del ciclo de nutrientes.
- Capacidad de intercambio catiónico de fracción mineral: Ciclo de nutrientes.
- Capacidad de intercambio catiónico de fracción orgánica: Ciclo de nutrientes.
- Capacidad de intercambio catiónico para el perfil completo de suelo: Ciclo de nutrientes.

Estructura del suelo:

Cuadro 29. Estructura del suelo sin detalles del tamaño los de los agregados

	1	**2**	**3**	**4**	**5**
Estructura de la capa superficial del suelo. Densidad aparente .	Estructura granular predominante. ≤ 1.5	≥ 25 % de gránulos ≤ 1.5	Estructura dominante en bloques subangulares o sólo granos ≤ 1.5	Estructura dominante en bloques subangulares o sólo granos ≤ 1.5	Otros
Subsuelo a una profundidad de por lo menos 40 cm.	≤ 1.5	≤ 1.5	≤ 1.5	> 1.5 ≤ 1.7	Otros

Cuadro 30. Estructura del suelo con detalles del tamaño de los de los agregados

	1	**2**	**3**	**4**	**5**
Estructura de la capa superficial del suelo Densidad aparente	Gránulos gruesos de tamaño medio ≤ 1.5	Gránulos gruesos de tamaño medio o sólo gránulos predominantes ≤ 1.5	Bloques subangulares o granos predominantes ≤ 1.5	Bloques subangulares o granos predominantes ≤ 1.5	Otros
Subsuelo a una profundidad de por lo menos 40 cm	≤ 1.5	≤ 1.5	≤ 1.5	> 1.5 ≤ 1.7	Otros

Clasificación:

Cuadro 31. Clasificación de parámetros estimados

	Clasificación				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
Capacidad de campo disponible	>200	200 - > 140	140 > 90	90 - > 50	≤ 50
Capacidad de aireación	>120	120 - > 100	100 - > 70	70 - > 40	≤ 40
CEC_{eff}	>200	200 - > 100	100 - > 50	50 -> 25	≤ 25
Profundidad de enraizamiento	>100	100 - > 75	75 - > 50	50 ->30	≤ 30
Estructura del suelo	1	2	3	4	5
Promedio de temperatura anual					< 6.5

Evaluación:

Cuadro 32. Evaluación final

	Condiciones (Cuadro 31)	**Descripción**	**Evaluación**
1.)	Por lo menos un parámetro clasificado en 1 y como máximo un parámetro clasificado en 3.	Extremadamente productivo.	1
2.)	Por lo menos dos parámetros clasificados en 2 y como máximo un parámetro clasificado en 3.	Muy productivo.	2
3.)	Por lo menos dos parámetros clasificados en 3 y como máximo un parámetro clasificado en 4.	Productividad media.	3
4.)	Como máximo dos parámetros clasificados en 4.	Baja productividad.	4
5.)	Otros casos.	Muy baja productividad.	5

h) **Archivo natural.** Contempla los antecedentes históricos del suelo: fósiles, paleoclimas, usos, artefactos, etc.

Cuadro 33. Paleosuelos

Suelos fósiles o relictos
Suelos con atributos paleoclimáticos o periglaciales.
Suelos con atributos yélicos muy marcados.
Turbas.
Suelos de materiales raros.

Cuadro 34. Suelos enterrados

Suelos desarrollados a partir de sustratos raros, alterados antropogénicamente (por ejemplo, estratos con evidencia de incendios urbanos durante el curso de la historia).
Suelos que contienen artefactos sobresalientes de la historia cultural (de la naturaleza prehistórica o de importancia debido a su carácter local distintivo con respecto a la artesanía, vivienda, minería, etc.).
Suelos sometidos a una específico uso (histórico) en el pasado.

i) **Filtración e infiltración.** Se basa en el hecho de que el suelo actúa como un filtro para proteger la calidad del agua, aire y otros recursos.

<u>Conductividad hidráulica por horizonte:</u>

Cuadro 35. Determinación de límites de la conductividad hidráulica

• Volumen de piedras ≥ 60%.	→ Continúe con (i)
• Compuesto por material de suelo en capas. • Densidad aparente debajo de 1.6 g/cm.^{3}	→ Continúe con (i)
• Estructura granular o subangular en bloques. • Densidad aparente menor a 1.5 g/cm.^{3}	→ Continúe con (i)
• Otros casos.	→ Continúe con (ii)

(i) kf=300.
(ii) kf=Conductividad hidráulica del horizonte.

Precipitación crítica relevante:

$$\text{RlvCritRain} = CritRain * 1 \,/\, HCritRain$$

Donde:

- ✓ RlvCritRain: Precipitación crítica relevante en mm.
- ✓ CritRain: Cantidad de precipitación crítica en mm de acuerdo a la literatura pertinente.
- ✓ HCritRain: Precipitación crítica en base de tiempo de horas decimales.

Capacidad de aireación (AC):

Cuadro 36. Volumen de la capacidad de aireación

• Volumen de piedras ≥ 60%.	→ Continúe con (i)
• Otros casos.	→ Continúe con (ii)
(i) AC = 25.	
(ii) AC = Capacidad de aireación del horizonte.	

La fórmula para determinar la capacidad de aireación del perfil completo del suelo se muestra en la evaluación del suelo como vida y hábitat de la flora y fauna.

Evaluación:

Cuadro 37.Comparación de resultados y evaluación

Comparación	**Evaluación**
RlvCritRain / ACT < 0.9	1
RlvCritRain / ACT > 0.9 y < 1.1	2
RlvCritRain / ACT >1.1 y < 1.4	3
RlvCritRain / ACT > 1.4 y < 2	4
RlvCritRain / ACT ≥ 2 ó nivel de agua subterránea menor a 1 m de profundidad	5

APÉNDICE II

II.1. Archivos de sistema

- ✓ CaracteristicasSuelos.mdf
- ✓ CaracteristicasSuelos_log.ldf
- ✓ CIGA.exe
- ✓ CIGA.exe.config
- ✓ CIGA.exe.manifest
- ✓ de-AT\CIGA.resources.dll
- ✓ Microsoft.Office.Interop.Excel.dll
- ✓ Microsoft.Vbe.Interop.dll
- ✓ office.dll
- ✓ Nuevo icono.jpg.ico

II.2. Posibles fallos

Fallos en la instalación. Pueden estar relacionados con la definición de instancias en SQL server 2008 o con el acceso a la base de datos, para evitarlos asegúrese de:

1. Definir la instancia con el nombre: ASSOFU al instalar SQL Server 2008
2. Dar permisos a la carpeta del software.

Fallos en la operación. Podrían deberse a:

a) Tiempo de conexión con la base de datos agotado: en este caso intente repetir la operación.
b) Imposibilidad para almacenar datos: Asegúrese de que todos los datos requeridos estén llenos.
c) Restricciones con la base de datos: Repita una vez más la operación que este ejecutando, las claves de los registros se generan automáticamente, puede darse el caso de que se genere una clave existente.